



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2011 г. № 5(81)

**Координационный
совет журнала**

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета
В.В. АМАЛИЦКИЙ
М.А. БЫКОВСКИЙ
В.И. ЗАПРУДНОВ
Н.И. КОЖУХОВ
А.В. КОРОЛЬКОВ
В.А. ЛИПАТКИН
Е.И. МАЙОРОВА
М.Д. МЕРЗЛЕНКО
А.К. РЕДЬКИН
А.А. САВИЦКИЙ
Ю.П. СЕМЕНОВ
Д.В. ТУЛУЗАКОВ
В.А. ФРОЛОВА
В.С. ШАЛАЕВ

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

Редактор
В.Б. ИВЛИЕВА
Набор и верстка
М.А. ЗВЕРЕВ

Электронная версия
Н.К. МЕДВЕДЕВА

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

Журнал зарегистрирован Министерством
РФ по делам печати, телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

Журнал входит в перечень утвержденных
ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей
ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть
перепечатаны и воспроизведены полностью или
частично с письменного разрешения издательства.

Редакция журнала принимает к рассмотрению не публиковавшиеся ранее статьи объемом 5–10 страниц, включая рисунки и таблицы. Требования к представлению материалов приведены в конце номера.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются; статьи, отклоненные редакцией, не возвращаются.

© ГОУ ВПО МГУЛ, 2011

Подписано в печать 11.10.2011.
Тираж 500 экз.
Заказ №
Объем 28 п. л.

Издательство Московского государственного университета леса
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, 1, МГУЛ. (498)687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Брынцев В.А., Храмова М.И.	<i>Индивидуальная и семейственная изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской, выращенных из семян интродукционной популяции</i>	4
Мерзленко М.Д., Коженкова А.А., Белинский М.Н.	<i>Лесоводственный эффект интродукции сосны веймутова в зоне смешанных лесов</i>	11
Бессчетнова Н.Н.	<i>Содержание сухого вещества в хвое клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной</i>	15
Солонцов О.Н., Помогаева В.А.	<i>Опыт выращивания сеянцев дуба черешчатого подкормкой сапрелем в питомнике опытного лесничества БГИТА</i>	20
Теринов Н.Н., Мехренцев А.В., Полухин А.В.	<i>Восстановление коренных темнохвойных пород после вырубки производных мягколиственных насаждений на Урале</i>	22
Соколова Л.Н., Солонцов О.Н., Боханова Н.С.	<i>Проблемы совершенствования нормотворческой деятельности и правоприменительной практики в области лесных отношений в субъектах Российской Федерации</i>	28
Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Рудометкина Т.Ф.	<i>Наноструктурная организация почвенных гелей и водоустойчивость почвенной структуры</i>	34

Лесинженерное дело

Быковский М.А., Редькин А.К.	<i>Высокотехнологичные лесозаготовительные производства на базе многофункциональных машин</i>	41
Азаренок В.А., Залесов С.В.	<i>Экологизированные технологии лесосечных работ</i>	43
Шамарин Ю.А., Панферов В.И., Селиванов К.В., Корнеев В.М.	<i>Проблемы диагностирования дизелей лесозаготовительных машин, работающих на биотопливе</i>	46
Шамарин Ю.А., Панферов В.И., Селиванов К.В., Корнеев В.М.	<i>Электронная информация в системе диагностирования технического сервиса</i>	49
Быков В.В., Голубев М.И.	<i>Карты атмосферной коррозии лесных машин</i>	53
Башкирцев Ю.В., Клубничкин Е.Е., Никишина О.С.	<i>Использование клеевых составов для восстановления деталей транспортно-технологических машин лесопромышленных предприятий</i>	56
Комяков А.Н.	<i>Оптимизация процесса доставки лесных грузов в плавучих контейнерах и на однорейсовых судах</i>	62
Левушкин Д.М.	<i>Расчет потребности в ресурсах при строительстве лесовозных автомобильных дорог</i>	66
Камусин А.А., Левушкин Д.М.	<i>Исследование работоспособности рабочего слоя поверхностной обработки лесовозных автомобильных дорог на основе традиционных и модифицированных битумов</i>	70
Афоничев Д.Н.	<i>Сборно-разборное покрытие автомобильной дороги с пневматическими стыковыми соединениями</i>	75

Деревообработка

Шевляков А.А., Панферов В.И., Шевляков С.А., Маркин А.П.	<i>Производство композиционных материалов с использованием вторичных отходов в качестве исходного сырья</i>	79
Маркин А.П., Панферов В.И., Шевляков А.А., Шевляков С.А.	<i>Экспериментальный стенд по исследованию деформативных свойств и послышной плотности композиционных материалов</i>	85
Гнатовская И.В.	<i>Исследование возможности дозагрузки оборудования низкокачественной древесиной</i>	91
Кравцов Е.В., Крапухин Г.А.	<i>Особенности технологических решений в организации производства элементов деревянного домостроения из низкосортной древесины</i>	93
Владимирова Е.Г.	<i>Влияние термической модификации на некоторые физико-механические свойства древесины сосны (Pinus sylvestris)</i>	97

Владимирова Е.Г.	<i>Исследование предела прочности при изгибе термически модифицированной древесины сосны (<i>Pinus sylvestris</i>)</i>	102
Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Архипов А.С.	<i>Определение показателей прочности древесно-стружечных плит при чистом сдвиге</i>	105
Ерхова О.И.	<i>Методика расчета распиловочных размеров пиломатериалов при производстве заготовок</i>	108
Болдырев В.С., Щепкин В.Б.	<i>Способ изготовления клееных секторных блоков</i>	113
Шарапов Е.С., Королев А.С., Попов Д.А.	<i>Исследование шероховатости поверхности резания термически модифицированной древесины березы</i>	118
Торопов А.С., Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю.	<i>Экспериментальные исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы</i>	122
Меркушев И.М.	<i>Простейшие авторегуляторы процессов бездефектной сушки пиломатериалов</i>	125
Платонов А.Д., Михайлова Ю.С.	<i>Оценка воздействия отработанного агента сушки на окружающую среду при сушке древесины бука и дуба</i>	133
Цветков В.Е., Зуева М.Ю., Мачнева О.П.	<i>Исследование влияния поверхностно-активных добавок на поверхностное натяжение модифицированных пропиточных олигомеров</i>	135
Карпова Т.Н.	<i>Древесно-стружечные плиты на модифицированном карбамидоформальдегидном связующем</i>	138
Стрелков В.П., Иванов Б.К., Цветков В.Е.	<i>Проблемы обеспечения формальдегидосодержащими смолами и экологической безопасности древесноплитных материалов в России</i>	141
Круглов Д.В., Никитин А.А., Тришин С.П.	<i>Специальные составляющие пропиточной композиции</i>	146
Круглов Д.В., Никитин А.А., Тришин С.П.	<i>Сравнительная оценка пригодности древесных плитных материалов для короткоcontactного ламинирования</i>	151
Математическое моделирование		
Бурков В.Д., Есаков В.А., Куфаль Г.Э., Капранов Ю.С., Перминов С.В., Харитонов Н.А.	<i>Проблема противодействия астероидной опасности космическими средствами</i>	157
Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Шалаев В.С.	<i>Технология гибких информационно-моделирующих систем на основе волоконно-оптической техники в задачах природного мониторинга</i>	170
Трегуб А.В., Трегуб И.В.	<i>Методика построения модели <i>Agita</i> для прогнозирования динамики временных рядов</i>	179
Скрипник М.В., Курников А.Е.	<i>Оценка качества аппаратно-программных средств в телекоммуникационных сетях, терпимых к задержке времени</i>	184
Артемьев В.Ю., Мороз А.П.	<i>Определение структуры и параметров помех при телеизмерениях</i>	188
Экономика		
Петров В.Н., Тюрин В.Е.	<i>Основные направления совершенствования экономического механизма лесных отношений</i>	194
Сусов Р.В., Багатурян В.В.	<i>Метод оценки чувствительности имитационной модели бизнес-процесса к закону распределения вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок</i>	198
Дружков Г.А.	<i>Универсальный инструмент теории ограничений голдратта – «дерево текущей реальности»</i>	203
Жумагулов И.И.	<i>Рецензия на учебник «Лесные культуры»</i>	210
Романов Е.М.	<i>Рецензия на учебник «Лесные культуры»</i>	211

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ И СЕМЕЙСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ СЕМЯН ИНТРОДУКЦИОННОЙ ПОПУЛЯЦИИ

В.А. БРЫНЦЕВ, *проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
М.И. ХРАМОВА, *асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ*

bryntsev@mail.ru

Интродукция сосны кедровой сибирской в европейскую часть России, имеющая многовековую историю, в настоящее время достаточно хорошо изучена, показана ее эффективность и целесообразность [1]. Многие авторы указывали на успешное семеношение кедра сибирского в регионе интродукции и образование им жизнеспособных семян [1, 2, 3], однако анализ роста и развития растений новой интродукционной генерации не проводился.

Вместе с тем для интродукции эти исследования имеют как научное, так и практическое значения. Целью их является выявление в сформировавшихся интродукционных популяциях лучших растений, которые можно использовать для создания лесосеменной базы сосны кедровой сибирской в центральном регионе России.

Сформировавшиеся в регионе интродукции насаждения прошли естественный отбор. Выжившие, находящиеся в хорошем состоянии, семеносящие деревья можно считать акклиматизировавшимися в новых условиях. Лучшие из них по хозяйственно ценным признакам могут быть отобраны для дальнейшего размножения и создания лесосеменной базы в регионе интродукции. Однако окончательное заключение об акклиматизации можно сделать только по результатам изучения потомства этих деревьев. Проверка по потомству – важный этап селекции интродуцированных растений.

Ценность местного семенного потомства заключается также в том, что, в отличие от растений, выращенных из привозных семян, они полностью прошли все этапы онтогенеза в условиях интродукции. Литературные источники [4] указывают, что эмбриональный этап развития является ключевым для формирования адаптивных свойств растения в усло-

виях внешней среды. На этом этапе формируются особенности сезонного роста растения, которые устойчиво сохраняются на протяжении последующего онтогенеза. Адаптация сезонного роста и развития растений к динамике сезонных погодных изменений является важным фактором, влияющим на жизнеспособность и продуктивность растений.

Оценка интродукционной генерации имеет значение с самого раннего возраста, поскольку адаптивные возможности интродуцентов должны тестироваться, начиная с ранних этапов их онтогенеза [5]. Анализ продуктивности в этот период во многом зависит от наличия методов ранней диагностики, которые для кедра сибирского достаточно хорошо разработаны. Зависимость между показателями сеянцев и дальнейшим ростом культур отмечали многие авторы. У всходов кедра сибирского, имеющих большее число семядолей в однолетнем возрасте, отмечается в дальнейшем лучший рост по высоте, диаметру, повышенное накопление фитомассы, более раннее репродуктивное развитие и повышенная урожайность [6]. Деревья кедра сибирского, выращенные из сеянцев с длинными семядолями, по данным Р.Н. Матвеевой и О.Ф. Буторовой [7], превосходят по высоте короткосемядольные. Наибольшие показатели по диаметру и высоте стволика, образование не менее двух крупных боковых почек в верхней мутовке у трех- четырехлетних сеянцев являются диагностическими признаками, указывающими на быстроту роста [7]. Наибольшей высотой, диаметром и фитомассой в зрелом возрасте отличаются растения, относящиеся к многопочковой форме в 3–4-летнем возрасте [6].

Таким образом, исследования сеянцев кедра сибирского интродукционной популяции позволяют не только оценить адаптивные

возможности отдельных семей и деревьев, но и, используя методы ранней диагностики, провести отбор наиболее продуктивных из них для создания лесосеменной базы в регионе интродукции.

Нами были проведены исследования одно-, двух-, трех- и четырехлетних сеянцев сосны кедровой сибирской. Семена были заготовлены в 34-летних ландшафтных культурах, произрастающих в городе Нижнем Новгороде и в 52-летних культурах в Ветлужском районе Нижегородской области.

Исследования проводились в Нижегородской области, входящей в Верхне-Волжский район интродукции сосны кедровой сибирской [8].

Семена были собраны отдельно по каждому дереву. Для оценки семенного потомства нижегородских культур опытные по-

севы были заложены в 2007, 2009 и 2010 гг., ветлужских культур – в 2007 г. Осенью 2009 и 2010 гг. проводилось исследование семенного потомства каждого дерева. У однолетних сеянцев определяли высоту надземной части, диаметр ствола у корневой шейки, количество семядолей и их длину. У остальных – высоту, диаметр ствола и число верхушечных почек. Высоту сеянцев и длину семядолей измеряли линейкой с точностью до 0,1 см. Диаметр у корневой шейки – штангенциркулем с точностью 0,1 мм.

Математическая обработка исходных данных проводилась по общепринятым методикам [9]. В результате статистического анализа были получены значения исследуемых параметров семенного потомства каждого дерева по двум годам наблюдений, представленные на гистограммах (рис. 1–7).

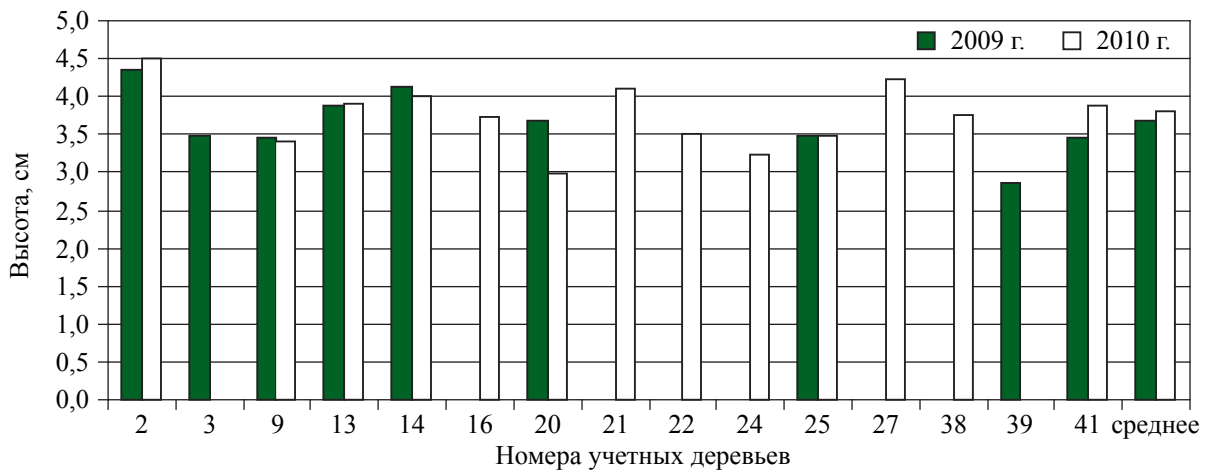


Рис. 1. Высота однолетних сеянцев по годам наблюдений

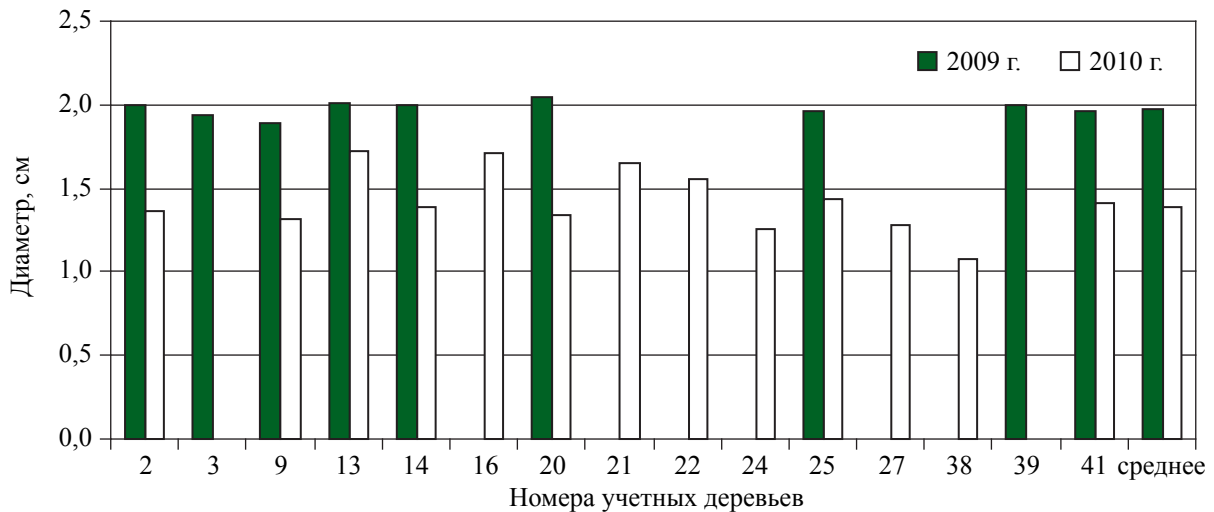


Рис. 2. Диаметр однолетних сеянцев по годам наблюдений

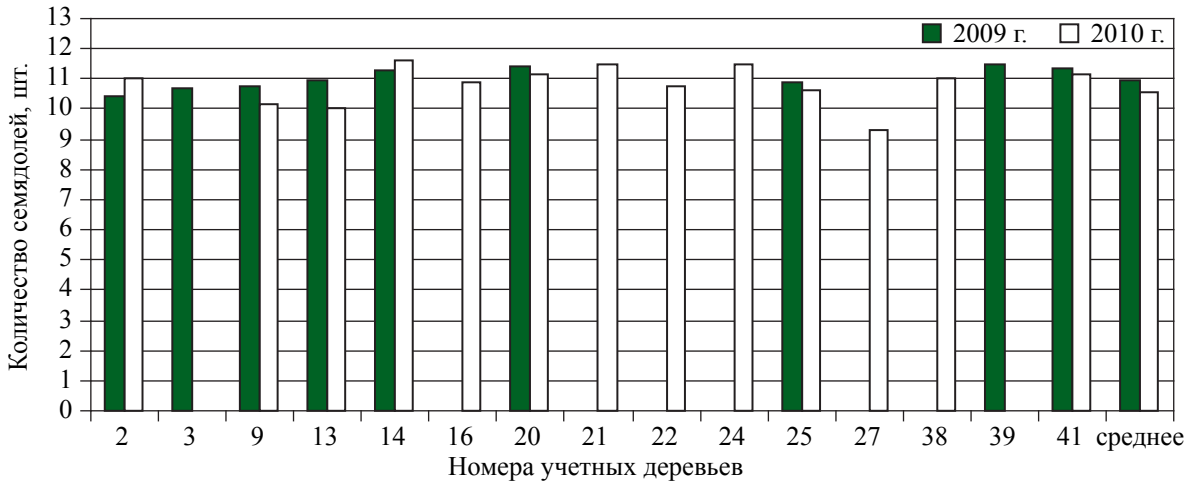


Рис. 3. Количество семян у однолетних сеянцев по годам

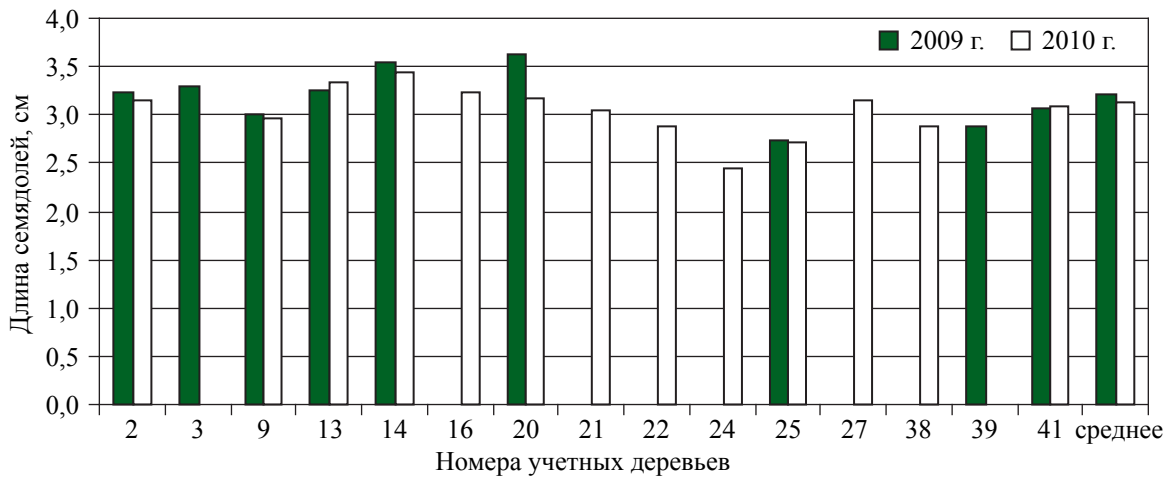


Рис. 4. Длина семян у однолетних сеянцев по годам

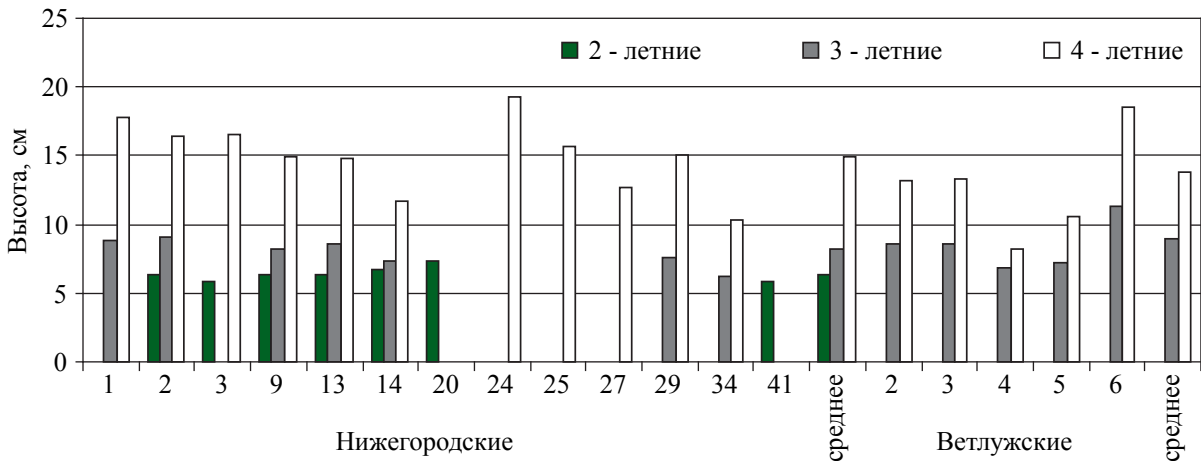


Рис. 5. Высота сеянцев разного возраста по учетным деревьям (цифрами на гистограммах отмечены номера учетных деревьев)

Высота однолетних сеянцев представлена на рис. 1.

На рис. 1 видно, что однолетние сеянцы потомства деревьев № 2 и № 14 выше сеянцев остальных деревьев как в 2009, так и в

2010 г. В 2010 г. отмечены высокие значения этого показателя и у потомства деревьев № 21 и № 27.

Диаметр однолетних сеянцев представлен на рис. 2.

Параметры однолетних семян по годам наблюдений

Годы наблюдений	Основные параметры			
	Высота, см	Диаметр, мм	Количество семядолей, шт.	Длина семядолей, см
2009	3,68±0,05	1,98±0,01	10,95±0,08	3,20±0,03
2010	3,80±0,04	1,39±0,02	10,57±0,10	3,10±0,03

Результаты однофакторного дисперсионного анализа основных показателей 1-летних семян по годам наблюдений

Показатели	Фопыт.	F _{0,5}	H ± m _h	НСР	D
Высота, см	3,70	3,85	–	–	–
Диаметр, мм	742,70	3,85	0,565± 0,001	0,04	0,04
Число семядолей, шт	8,49	3,85	0,015± 0,002	0,25	0,26
Длина семядолей, см	4,22	3,85	0,007± 0,002	0,07	0,07

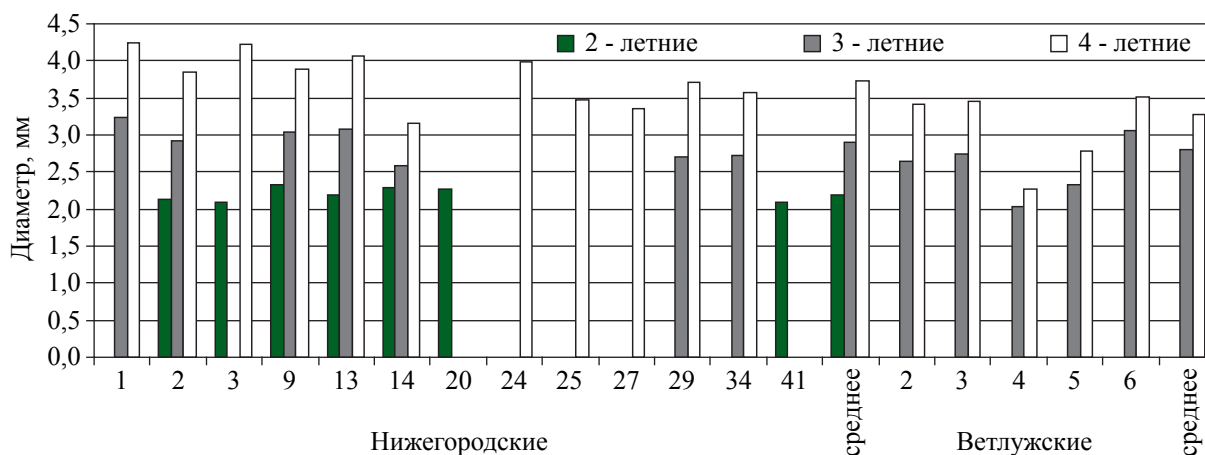


Рис. 6. Диаметр семян разного возраста по учетным деревьям

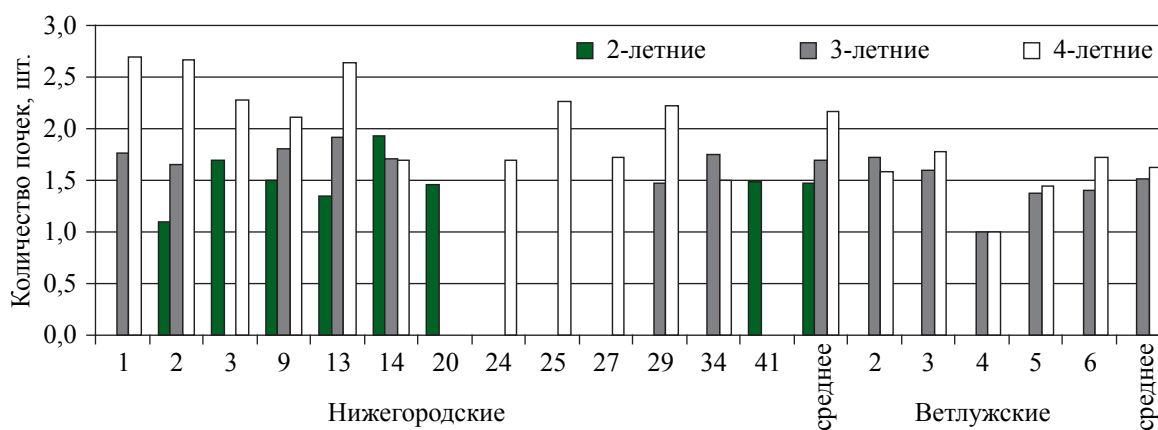


Рис. 7. Количество почек у семян разного возраста по учетным деревьям

Как видно из рис. 2, в 2009 г. различия по диаметру стволика между семенным потомством разных учетных деревьев менее выражены, чем в 2010 г., когда наблюдалось значительное варьирование этого показателя

по учетным деревьям. Наибольшие значения диаметра отмечены у семян потомств деревьев № 13, № 16.

Количество семядолей у однолетних семян представлено на рис. 3.

Средние параметры семян разного возраста и происхождения

Объекты	Основные параметры семян		
	Высота, см	Диаметр, мм	Число почек, шт.
2-летние			
Нижегородские	6,4±0,1	2,2±0,02	1,5±0,04
3-летние			
Нижегородские	8,2±0,3	2,9±0,1	1,8±0,1
Ветлужские	9,0±0,2	2,8±0,1	1,5±0,1
4-летние			
Нижегородские	15,0±0,2	3,7±0,04	2,2±0,1
Ветлужские	13,9±0,4	3,3±0,1	1,6±0,1

Результаты однофакторного дисперсионного анализа основных параметров семян разного возраста и происхождения по учетным деревьям

Показатели	Фопыт.	F _{0,5}	H ± m _n	НСР	D
2-летние					
Высота, см	5,67	2,15	0,15 ± 0,03	0,57	0,86
Диаметр, мм	4,20	2,15	0,12 ± 0,03	0,12	0,19
Число почек, шт.	4,84	2,15	0,13 ± 0,03	0,28	0,61
3-летние					
Нижегородские					
Высота, см	14,98	2,12	0,17 ± 0,01	0,53	0,81
Диаметр, мм	10,04	2,12	0,12 ± 0,01	0,21	0,31
Число почек, шт.	3,24	2,12	0,04 ± 0,01	0,24	0,36
Ветлужские					
Высота, см	64,60	2,42	0,57±0,01	0,61	0,86
Диаметр, мм	12,35	2,42	0,21±0,02	0,25	0,35
Число почек, шт.	3,99	2,42	0,08±0,02	0,26	0,36
4-летние					
Нижегородские					
Высота, см	18,18	1,85	0,28 ± 0,02	1,44	2,39
Диаметр, мм	10,3	1,85	0,17 ± 0,02	0,30	0,50
Число почек, шт.	7,82	1,85	0,13 ± 0,02	0,40	0,67
Ветлужские					
Высота, см	65,56	2,42	0,57±0,01	1,02	1,44
Диаметр, мм	15,66	2,42	0,23±0,02	0,23	0,32
Число почек, шт.	1,25	2,42	–	–	–

По количеству семядолей значительных различий между потомствами разных деревьев не наблюдается.

Длина семядолей однолетних семян представлена на рис. 4.

Наблюдается значительная вариация по данному признаку. В 2009 г. наибольшая длина семядолей отмечена у семенного потомства деревьев № 14 и № 20 и в 2010 г. – у семян дерева № 14.

Средние значения исследуемых параметров однолетних нижегородских семян

по годам наблюдений представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, различия у однолетних семян, выращенных из семян разных лет сбора, достоверны, что подтверждается данными табл. 2.

Величина опытного значения критерия Фишера (F) по этим показателям превосходит его табличное значение на 5 % уровне значимости (Фопыт. > F_{0,5}). Различия также подтверждаются разностью средних, значения которых превышают величины НСР и

D-критерия Тьюки. Существенных различий по высоте у однолетних сеянцев по двум годам наблюдений не отмечено ($F_{\text{оп.}} < F_{0,5}$). Полученные различия по годам можно объяснить менее благоприятными погодными условиями в течение вегетационного периода 2010 г. Погодные условия в большей степени повлияли на прирост по диаметру, сила влияния фактора составила 56,5 %.

Основные параметры двух-, трех- и четырехлетних сеянцев различных учетных деревьев и происхождения представлены на рис. 5–7.

Из рис. 5 видно, что в двух- и трехлетнем возрасте нижегородские сеянцы не имеют существенных различий по высоте. В 4-летнем возрасте наблюдается значительная вариация данного признака у потомства разных деревьев. Сеянцы нижегородских деревьев № 1 и № 24 существенно превышают остальные. У ветлужских сеянцев в трех-четырёхлетнем возрасте наибольшую высоту имеют сеянцы дерева № 6.

Диаметр сеянцев разного возраста и происхождения представлен на рис. 6.

Как видно из рис. 6, диаметр 2-летних сеянцев варьирует незначительно. Среди нижегородских 3-летних сеянцев наибольший диаметр имеют сеянцы дерева № 1, среди 4-летнего потомства наблюдаются значительные различия, максимальный диаметр имеют сеянцы деревьев № 1 и № 3. Среди ветлужских наибольшее значение этого показателя отмечено также у сеянцев дерева № 6.

Количество верхушечных почек у сеянцев разного возраста по учетным деревьям представлено на рис. 7.

Данный показатель значительно варьирует у 2- и 4-летних сеянцев. В группе Ветлужских сеянцев наибольшее число почек в 3-летнем возрасте имеют сеянцы дерева № 2, в 4-летнем – сеянцы деревьев № 3 и № 6.

В табл. 3 приведены средние значения исследуемых параметров у сеянцев разного возраста и происхождения.

Сравнивая в целом семенное потомство интродукционных культур из разных районов, можно сказать, что в трехлетнем возрасте нижегородские сеянцы превосхо-

дили ветлужские по диаметру и числу почек, но уступали им в высоте. В 4-летнем возрасте семенное потомство нижегородских культур имеет существенное преимущество по всем параметрам, что подтверждается и результатами однофакторного дисперсионного анализа.

Однофакторный дисперсионный анализ (табл. 4) выявил наличие достоверных различий по всем анализируемым параметрам между семенным потомством различных деревьев.

Из табл. 5 видно, что величина опытного значения критерия Фишера (F) превосходит его табличное значение на 5 % уровне значимости ($F_{\text{опыт.}} > F_{0,5}$) по всем исследуемым параметрам, кроме количества почек у ветлужских сеянцев в 4-летнем возрасте ($F_{\text{опыт.}} < F_{0,5}$). Различия также подтверждаются разностью средних, значения которых превышают величины НСР и D-критерия Тьюки. Сила влияния генотипа (H) в большей степени проявляется по высоте сеянцев.

Величина опытного значения критерия Фишера (F) превосходит его табличное значение на 5 % уровне значимости ($F_{\text{опыт.}} > F_{0,5}$) по всем исследуемым параметрам. Однако доля влияния фактора очень мала, следовательно, различия обусловлены не происхождением, а внешними условиями.

В соответствии с Правилами лесовосстановления [10] сеянцы сосны кедровой сибирской в 3–4 года по высоте должны быть не менее 12 см, по диаметру не менее 3 мм. В 3-летнем возрасте все сеянцы были нестандартными. Процент выхода стандартных 4-летних сеянцев представлен в таблице 6.

Из табл. 6 видно, что семьи различаются по выходу стандартных сеянцев. Так, нижегородские сеянцы потомства деревьев №1, № 24 и № 29 имеют более 90 % стандартных сеянцев по высоте и диаметру, а ветлужские сеянцы потомство дерева № 4 все нестандартные. Стандартные сеянцы могут быть высажены в культуры, нестандартные требуют доращивания еще не менее одного года.

В табл. 7 показан коэффициент вариации различных признаков сеянцев в пределах семей.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа основных параметров сеянцев разного происхождения

Показатели	F опыт.	F _{0,5}	H	m _n	НСР	D
3-летние						
Высота, см	19,70	3,86	0,030	0,001	0,45	0,45
Диаметр, мм	18,40	3,86	0,028	0,001	0,10	0,11
Число почек, шт.	10,89	3,86	0,017	0,002	0,11	0,11
4-летние						
Высота, см	10,65	3,85	0,016	0,002	0,67	0,68
Диаметр, мм	51,56	3,85	0,075	0,001	0,12	0,13
Число почек, шт.	47,59	3,85	0,075	0,001	0,17	0,17

Т а б л и ц а 6

Процент стандартных 4-летних сеянцев

Семьи	Стандартные сеянцы, %															
	Нижегородские											Ветлужские				
	1	2	3	9	13	14	24	25	27	29	34	2	3	4	5	6
Высота	98	80	82	84	76	40	95	94	58	92	19	62	66	–	19	100
Диаметр	98	92	73	95	92	68	95	80	80	92	88	80	92	–	33	82

Т а б л и ц а 7

Коэффициент вариации сеянцев разного возраста по исследуемым параметрам

Семьи	Коэффициент вариации (Cv), %								
	Высота			Диаметр			Число почек		
	2 года	3 года	4 года	2 года	3 года	4 года	2 года	3 года	4 года
Нижегородские									
1	–	24,0	23,6	–	23,7	19,7	–	38,1	39,8
2	17,7	20,7	26,7	13,4	21,7	23,5	26,7	41,7	45,3
3	15,8	–	25,6	9,7	–	23,8	35,0	–	48,6
9	19,8	8,2	21,8	14,4	15,7	18,1	49,7	47,1	51,8
13	15,1	17,6	22,3	11,0	20,5	19,1	36,0	40,3	44,5
14	18,7	16,5	22,0	15,2	16,8	16,1	41,3	36,6	46,4
20	18,4	–	–	10,9	–	–	39,3	–	–
24	–	27,2	27,6	–	17,2	18,3	–	45,2	53,1
25	–	–	18,9	–	–	20,6	–	–	45,4
27	–	–	19,6	–	–	15,4	–	–	45,5
29	–	22,1	19,5	–	19,4	14,6	–	39,3	43,9
34	–	14,6	16,0	–	13,0	14,4	–	25,6	42,1
41	20,9	–	–	6,2	–	–	41,2	–	–
Ветлужские									
2	–	15,1	17,7	–	23,7	21,4	–	35,3	49,7
3	–	13,7	15,8	–	19,5	14,7	–	37,9	47,2
4	–	11,2	16,8	–	17,2	14,2	–	–	–
5	–	12,3	17,0	–	24,7	14,9	–	41,8	43,6
6	–	16,3	16,9	–	15,7	17,9	–	38,2	48,5

Из табл. 7 видно, что варьирование признаков у сеянцев достаточно высокое. По количеству почек, признаку, важному для ранней диагностики, коэффициент вариации

в 4-летнем возрасте превышал 40 %, что по шкале С.А. Мамаева [11] относится к очень высокому уровню изменчивости. Это указывает на перспективность индивидуального

отбора семян в пределах семей, в том числе с применением методов ранней диагностики.

Выводы

1. Исследования семян кедрового сибирского из семян интродукционной популяции позволяют оценить адаптивные возможности отдельных семей и семян и провести отбор наиболее продуктивных из них для создания лесных культур и объектов постоянной лесосеменной базы в регионе интродукции.

2. Выявлены деревья, дающие семенное потомство с наиболее высокими показателями роста. Среди нижегородских семей это потомство деревьев № 1, № 2, № 13, № 14 и № 20, среди ветлужских – потомство дерева № 6. Для создания лесных культур кедрового сибирского и объектов постоянной лесосеменной базы в регионе исследований отобраны деревья рекомендуется использовать для заготовки семян и черенков.

3. В 4-летнем возрасте потомства отдельных семей значительно отличались друг от друга по проценту выхода стандартного посадочного материала. Те семьи, где процент стандартных семян высокий, могут быть использованы для создания лесных культур, а те, где низкий – требуют доращивания еще в течение одного года. Это говорит о том, что отбор наиболее продуктивных семей позволит снизить затраты на выращивание кедрового сибирского уже в посевном отделении.

4. Высокий уровень изменчивости у семян в пределах семей указывает на перспективность проведения индивидуального

отбора, в том числе с применением методов ранней диагностики.

Библиографический список

1. Дроздов, И.И. Лесная интродукция: Учебное пособие для студентов заочного обучения специальности 260400, аспирантов и специалистов лесного и лесопаркового хозяйства / И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов. – М.: МГУЛ, 2003. – 135 с.
2. Гришенков, В.А. Культуры кедрового сибирского в нечерноземном центре европейской части России: Автореферат дис.... кандидата с.-х. наук / В.А. Гришенков. – М.: МГУЛ, 1998. – 20 с.
3. Игнатенко, М.М. Сибирский кедр / М.М. Игнатенко. – М.: Наука, 1988. – 162 с.
4. Коски, В. Семенное районирование в Финляндии / В. Коски // Лесовосстановление на Европейском Севере. Бюллетень НИИ леса Финляндии, 2000. – С. 127–131.
5. Некрасов, В.И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции / В.И. Некрасов. – М.: Наука, 1973. – 278 с.
6. Братилова, Н.П. Изменчивость кедрового сибирского в плантационных культурах юга Средней Сибири в зависимости от формового разнообразия всходов и семян / Н.П. Братилова. – Красноярск: ГОУ ВПО «СибГТУ», 2005. – 116 с.
7. Матвеева, Р.Н. Генетика, селекция, семеноводство кедрового сибирского / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – 243 с.
8. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР.–М.: Лесная промышленность, 1982. – 368 с.
9. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: «Высшая школа», 1990. – 352 с.
10. Правила лесовосстановления. Утверждены приказом МПР России от 16.07.2007 N 183. <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/ministry/27>
11. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 384 с.

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЙ ЭФФЕКТ ИНТРОДУКЦИИ СОСНЫ ВЕЙМУТОВА В ЗОНЕ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ

М.Д. МЕРЗЛЕНКО, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, докт. с-х. наук,*
 А.А. КОЖЕНКОВА, *доц. каф. лесных культур МГУЛ, канд. с-х. наук,*
 М.Н. БЕЛИНСКИЙ, *асп. каф. лесных культур МГУЛ*

maximtt88@mail.ru

Сосна веймутова (*Pinus strobus* L.) – одна из важных лесобразующих пород Северной Америки. Имея обширный ареал (протяженность с севера на юг – 1900 км ; в высоту

– до 1500 м над уровнем моря), она почти не образует чистых насаждений, произрастая с другими хвойными и лиственными породами. Сосна веймутова – быстрорастущая дре-



Рис. 1. 80-летние лесные культуры сосны: слева – веймутовой, справа – обыкновенной

весная порода, достигающая высоты 50–60 м и 1,5 м в диаметре. Известны отдельные деревья в штате Нью-Йорк высотой свыше 70 м и диаметром более 2,1 м [1].

В западную Европу завезена в 1705 г. лордом Веймутом. В парках России появилась со второй половины XVIII в. Как лесокультурная порода используется у нас с XIX в. Сосна веймутова предпочитает хорошо дренированные супесчаные и суглинистые почвы, требовательна к ее влажности, плохо выносит засоление. Она ветроустойчива, морозостойка (выносит понижение температур до минус 30–40 °С), хорошо противостоит навалу снега. Сосна веймутова теневыносливее сосны обыкновенной и устойчивее к дыму и загазованности.

Древесина сосны веймутовой по механическим свойствам и прочности несколько уступает сосне обыкновенной. Ее ценность и целевое назначение определяют легкость, прямослойность, тонковолокнистость и высо-

кое содержание целлюлозы. Древесина этой породы имеет красивую текстуру, практически безусадочна при высушивании, хорошо обрабатывается во всех направлениях.

Благодаря высокодекоративным качествам: ажурной и широкораскидистой кроне, мягкой сизовато-зеленой хвое, а также гладкой, необычной для сосен коре – сосна веймутова может быть перспективна для городских посадок и рекреационных лесов, но с условием изоляции от смородины и крыжовника, являющихся промежуточными хозяевами ржавчинного гриба, которым она нередко поражается.

В настоящее время сосна веймутова успешно произрастает в Эстонии и Латвии [2], Белоруссии [3], Украине [4]. На территории России имеется положительный опыт ее выращивания в лесных культурах Калининградской, Орловской, Курской областей, где она формирует насаждения высоких бонитетов. Исследуя особенности роста, разные

Таксационная характеристика исследованных лесных культур

Состав	Средние		Класс бонитета	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
	Н, м	Д, см				
<u>Лесные культуры сосны веймутова, 80 лет</u>						
9 С вейм.	30,9	51,5	Ia	133	25,2	351
1 Е	25,6	28,1	I	37	3,1	27
<u>Лесные культуры сосны обыкновенной, 80 лет</u>						
9 С	30,8	32,0	Ia	415	33,2	475
1 Е	28,6	28,5	Ia	54	3,9	39

авторы [5, 6, 7] приходят к единому мнению о пригодности данной породы к ускоренному плантационному выращиванию. Однако данные по ее интродукции в лесные культуры средней полосы России (Смоленская, Московская, Владимирская области) до настоящего времени в литературе отсутствуют.

Нами был выполнен сравнительный анализ успешности роста и производительности 80-летних культур сосны веймутовой и сосны обыкновенной, произрастающих в лесорастительных условиях зоны смешанных лесов [8] на территории Вере́йского лесхоза в юго-западной части Московской области. Сопоставлялись участки лесных культур (рис. 1) аналогичного возраста, созданные рядовой посадкой двухлетних сеянцев с числом посадочных мест 3,5 тыс. на 1 га. Тип условий местопроизрастания – С₂₋₃. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая на тяжелом покровном суглинке.

На момент исследований и сосна веймутова, и сосна обыкновенная сформировали высокобонитетные насаждения 80-летнего возраста. В состав первого яруса в качестве примеси вошла ель европейская; есть естественное возобновление ели, а в подлеске – наличие лещины. Последняя является признаком богатых лесорастительных условий сложной субори: по В.Н. Сукачеву – сложной группы типов леса, а именно сосняка лещиногого (*Pinetum corylosum*).

Сосна веймутова (рис. 1) хорошо плодоносит (в верхней части кроны есть и старые, и молодые шишки). По участку ее культур осуществлялся прогон скота. Данных по промежуточному пользованию не сохранилось.

При почти аналогичной средней высоте сопоставляемых насаждений (табл. 1) в культурах сосны веймутовой средний диаметр на 38 % больше, чем в культурах сосны обыкновенной. В насаждениях сосны веймутовой представленность деревьев высших классов Крафта (I и II) составляет 75 %, тогда как в культурах сосны обыкновенной их представленность – 50 %. Значительно меньше деревьев сосны веймутовой находится в виде угнетенных и полностью поповших под полог экземпляров (IV и V классы по Крафту) – 9 % от общей численности живых деревьев против 19 % в культурах сосны обыкновенной (рис. 2).

Лучшая представленность деревьями высших классов Крафта в искусственном насаждении сосны веймутовой наглядно подтверждается картиной распределения стволов по ступеням толщины (рис. 3). В лесных культурах сосны веймутовой в отличие от лесных культур сосны обыкновенной преобладают исключительно крупные стволы. При этом диапазон дифференциации (варьирования) деревьев по ступеням толщины в насаждении из сосны веймутовой значительно шире – от 28 до 72 см, тогда как в насаждении сосны обыкновенной он намного уже – от 28 до 48 см. Что касается сухостойных стволов, то они представлены преимущественно деревьями низших ступеней толщины, т. е. отпад идет одинаково по низовому типу как в лесных культурах сосны обыкновенной, так и в лесных культурах сосны веймутовой (рис. 3). Причем распределение сухостойных стволов сосны веймутовой по ступеням толщины почти совпадает с распределением растущих деревьев ели, но лишь с той разницей, что в числе сухостоя сосны

Выход сортиментов по сосне веймутовой и сосне обыкновенной в лесных культурах (числитель – м³/га, знаменатель – %)

Пиловочник	Шпальник	Строительное бревно	Балансы	Рудстойка	Технологическое сырье	Дрова	Отходы	Всего
Сосна веймутова								
<u>143</u> 40,7	<u>136</u> 38,8	<u>14</u> 4,0	<u>5</u> 1,4	<u>3</u> 0,9	<u>5</u> 1,4	<u>7</u> 2,0	<u>38</u> 10,8	<u>351</u> 100
Сосна обыкновенная								
<u>175</u> 36,8	<u>105</u> 22,1	<u>63</u> 13,3	<u>50</u> 10,5	<u>26</u> 5,5	<u>7</u> 1,5	<u>10</u> 2,1	<u>39</u> 8,2	<u>475</u> 100

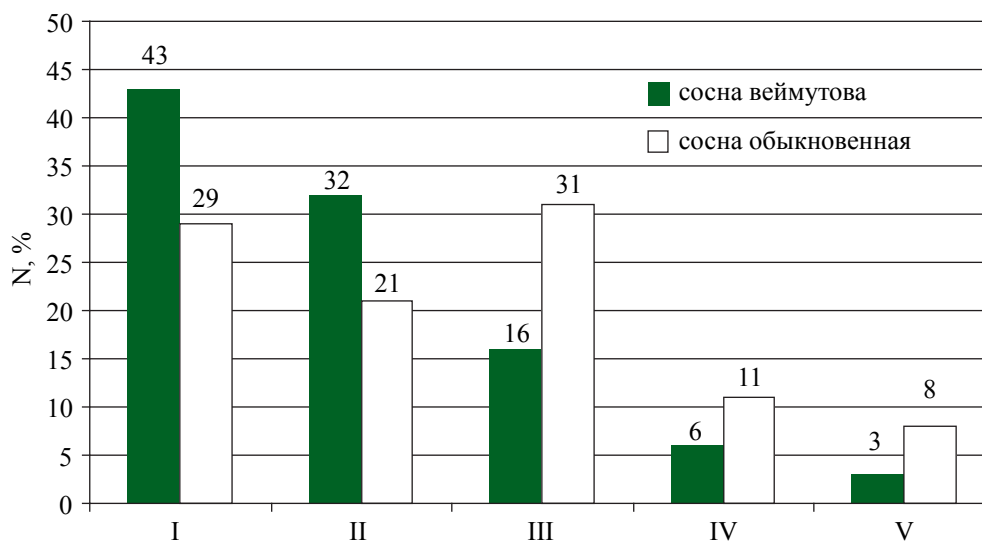


Рис. 2. Распределение деревьев по классам Крафта

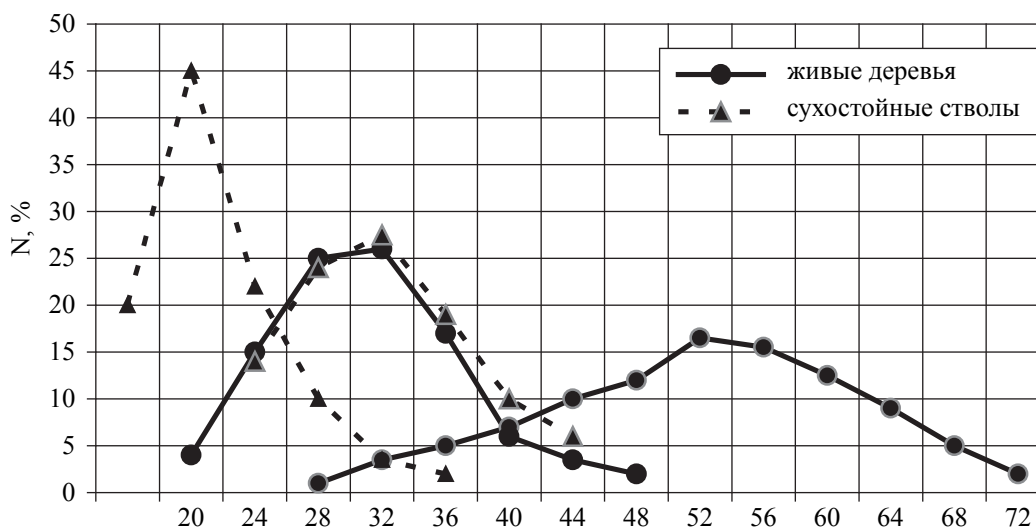


Рис. 3. Распределение деревьев по ступеням толщины: 1 – сосна веймутова, 2 – сосна обыкновенная

веймутовой отсутствуют стволы с диаметрами 20 см и менее, а также 48 см и более.

Используя сортиментные таблицы Н.П. Анучина [9], рассчитали выход сортиментов в сопоставляемых культурах. Как в искусственном насаждении сосны веймутовой, так и в искусственном насаждении сосны

обыкновенной по выходу сортиментов преобладают пиловочник и шпальник (табл. 2). Однако в культурах сосны обыкновенной значительно больший выход балансов и рудстойки. Несмотря на значительно меньший запас стволовой древесины и численности стволов на 1 га, у культур сосны веймутовой, благо-

даря крупноте стволов, выход пиловочника получается меньше, чем в культурах сосны обыкновенной, лишь на 18%.

В целом опыт выращивания сосны веймутовой свидетельствует о перспективности интродукции этого североамериканского экзота в Центральную Россию.

Библиографический список

1. Лапин, П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин, К.К. Калущкий, О.Н. Калущкая. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 224 с.
2. Гиргидов, Д.Я. Интродукция древесных пород на северо-западе СССР / Д.Я. Гиргидов. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 48 с.
3. Шкутко, Н.В. Хвойные Белоруссии / Н.В. Шкутко. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 264 с.
4. Логинов, В.Б. Интродукционная оптимизация лесных культурценозов / В.Б. Логинов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 164 с.
5. Усачев, А.И. Сосна веймутова в культурах европейской части СССР. / А.И. Усачев // Лесная интродукция: сборник научных трудов. – Воронеж: ЦНИИЛГИС, 1983. – С. 24–30.
6. Калущкий, К.К. Древесные экзоты и их насаждения / К.К. Калущкий, Н.А. Болотов, Д.М. Михайленко. – М. : Агропромиздат, 1986. – 271 с.
7. Писаренко, А.И. Искусственные леса. Часть 1 / А.И. Писаренко, Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1992. – 308 с.
8. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1974. – 203 с.
9. Анучин, Н.П. Сортиментные и товарные таблицы / Н.П. Анучин, 7-е изд. Перераб. и дополн. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 536 с.

СОДЕРЖАНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА В ХВОЕ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Н.Н. БЕССЧЕТНОВА, доц. каф. лесных культур Нижегородской ГСХА канд. с.-х. наук

besschetnova1966@mail.ru; lesfak@bk.ru

Являющаяся одной из проблем лесной селекции на современном этапе нехватка объективной информации о многочисленных характеристиках плюсовых деревьев (ПД) определяет необходимость их всестороннего изучения. Вопросы эффективности отбора по фенотипу, целесообразности его продолжения в традиционной форме, перспективности совершенствования схем реализации выступают предметом достаточно продолжительной дискуссии [1–5]. Сформировавшиеся на текущий момент представления о результативности метода в лесной селекции неоднозначны, а порой противоречивы [2–5]. Только располагая достаточной базой данных о свойствах и признаках растений, имеющих хозяйственное, адаптивное и идентификационное значение, можно обеспечить планомерное и обоснованное вовлечение лучших особей, выделенных при массовом отборе, как непосредственно в состав создаваемых объектов постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) и единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК), так и для дальнейшего совершенствования в процессе индивидуального отбора. Сведения об их биологии, физиологии, морфологии (в широ-

ком смысле) могут применяться при ранней диагностике продуктивности и репродуктивной активности объектов. Они расширяют и совершенствуют наши знания о селекционном потенциале основных лесообразующих пород, что в сложившейся ситуации может быть признано достаточно весомым достижением. Нижегородская область представляет собой прекрасную платформу для проведения разноплановых исследований обширного перечня плюсовых деревьев, выделенных по действующим методическим нормативам [6], и выполнения первичной оценки их селекционного потенциала.

Содержание сухого вещества в хвое во многом связано с эффективностью фотосинтеза, активностью транспирации, водоудерживающей способностью, резистентностью к действию лимитирующих температурных факторов, устойчивостью растений в широком смысле [7–9]. Особи, обладающие лучшими характеристиками, имеют больше возможностей для достижения высоких темпов роста и развития, обеспечения выраженной и стабильно проявляющейся репродуктивной активности. Они представляют наибольший

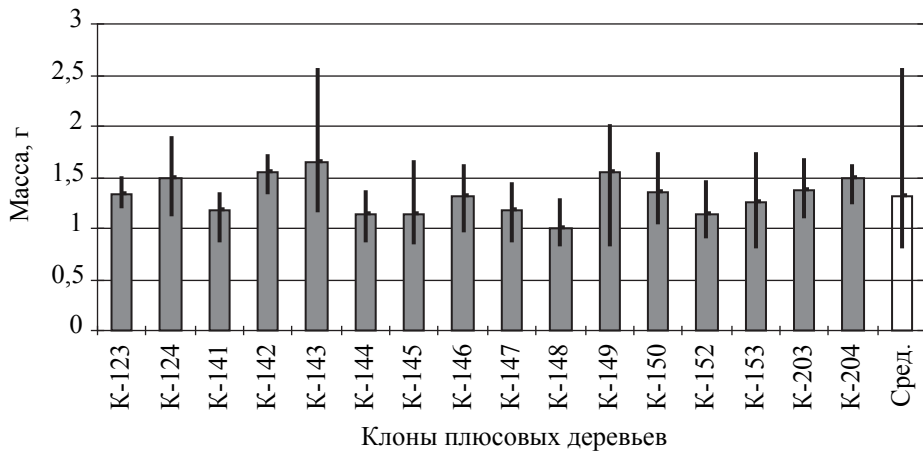


Рис. 1. Соотношение характеристик плюсовых деревьев сосны обыкновенной в составе ЛСП № 1 Сокольского филиала ГУ НО «Семеновский спецсемлесхоз» по содержанию сухого вещества в хвое (масса навески из 20 пар хвоинок): среднее значение, максимум и минимум

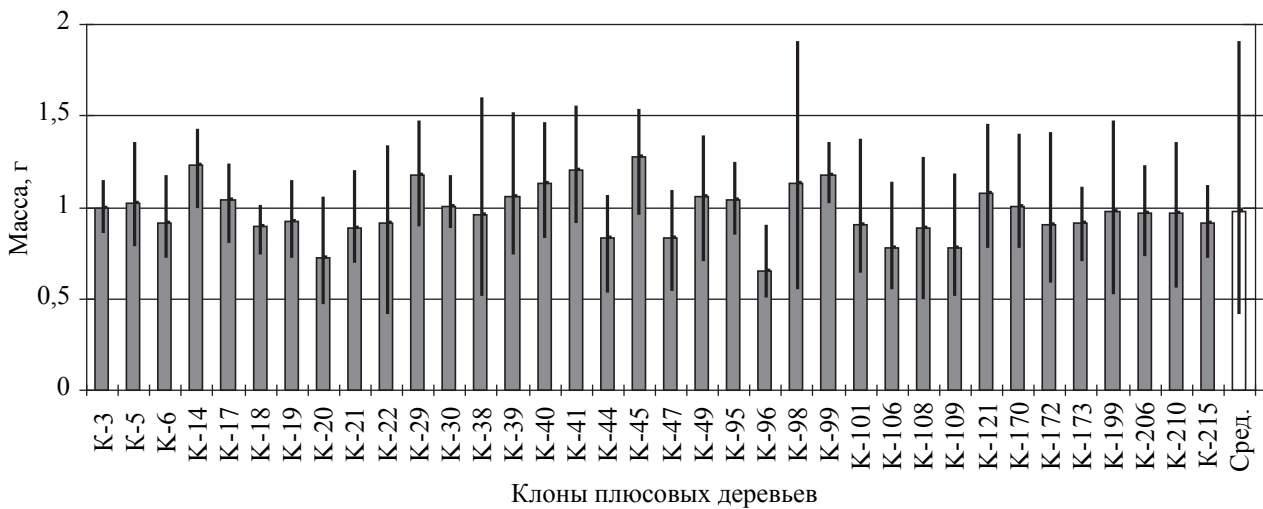


Рис. 2. Соотношение характеристик плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию сухого вещества в хвое плюсовых деревьев на ЛСП № 24 ГУ НО «Семеновский спецсемлесхоз» (масса навески из 20 пар хвоинок): среднее значение, максимум, минимум

интерес в реализации различных селекционных программ.

Нами изучалось содержание сухого вещества в хвое плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Сравнительный анализ предусматривал исследование их вегетативного потомства, размещенного на лесосеменных плантациях первого порядка и в архивах клонов, созданных в Нижегородской области. Опытными участками выступали ЛСП № 24, ЛСП № 1, Архивы клонов № 1 и № 4 государственного учреждения Нижегородской области «Семеновский спецсемлесхоз» и его Сокольский филиал. Параллельно исследовали комплекс плюсовых деревьев, использованных для создания лесосеменной плантации во Владимирской области в 2007 г. Период про-

ведения наблюдений 2006 – 2010 гг. В схеме отбора первичной лесоводственной информации каждое плюсовое дерево (ПД) – ортет – представлено не менее чем тремя раметами – учетными деревьями. С каждого из них с периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны одновременно заготавливали по 3 побега, которые служили источником первичных единиц выборки: навесок из 20 пар нормально развитых однолетних хвоинок, не имевших признаков поражения внешними факторами. Масса навески фиксировалась в момент заготовки, далее после длительного (не менее 4 месяцев) свободного высушивания, окончательно после выдерживания в сушильных шкафах в течение 8 часов при температуре 105°C (до стабильной мас-

Оценки существенности различий между плюсовыми деревьями сосны обыкновенной по массе абсолютно сухой однолетней хвои

Объекты ПЛСБ и ЕГСК	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_{h^2}$)				Критерии существенности различий, час.	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп}$	F_{05}/F_{01}	h^2	$\pm s_{h^2}$	h^2	$\pm s_{h^2}$	$НСР_{05}$	D_{05}
Архив клонов № 1	3,63	1,62/1,97	0,3024	0,0834	0,2258	0,0926	0,20	0,35
Архив клонов № 4	3,16	1,46/1,69	0,2764	0,0874	0,1937	0,0974	0,20	0,37
Комплекс ПД для ПЛСБ во Владимирской области	10,58	1,37/1,52	0,3958	0,0374	0,3636	0,0394	0,12	0,21
ЛСП № 24	4,51	1,46/1,69	0,3539	0,0785	0,2804	0,0874	0,19	0,34
ЛСП № 1	6,22	1,75/2,19	0,4215	0,0678	0,3670	0,0742	0,21	0,38

сы). Точность учета – 0,001 г обеспечивалась электронными весами «Acculab vicon». Условия лабораторной фазы опыта стабилизировались и были одинаковыми для всех образцов.

Плюсовые деревья продемонстрировали заметные различия по содержанию сухого вещества в хвое, что зафиксировано на всех опытных участках во все учетные сроки периода наблюдений (рис. 1, 2).

Как видно на рис. 1, комплекс плюсовых деревьев, представленных своими клонами на ЛСП № 1, неоднороден по содержанию сухого вещества в хвое. Различия наблюдаются в размерах средних величин и в характере распределения значений относительно среднего в составе каждого плюсового дерева. Хорошо заметно, что объектами с наибольшим разбросом значений являются клоны с индексами К-143 и К-149. Наименьшим диапазоном характеризуются плюсовые деревья с индексами К-123, К-141, К-144, К-204. Аналогичная ситуация складывается на ЛСП № 24 (рис. 2). Здесь наибольшими интервалами лимитов обладали клоны К-38 и К-98, а наименьшими – К-3, К-18, К-30. Больше других массу сухого вещества в хвое имели образцы с индексами К-14, К-29, К-41, К-45, меньше – К-20, К-96. Изменчивость признака, оцениваемая по коэффициентам вариации, соответствовала преимущественно низкому и среднему уровням шкалы С.А. Мамаева [10]. Подобные заключения были даны по остальным опытным участкам.

Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил существенность выявленных различий между сравниваемыми плюсовыми дере-

вьями, представленными прививками, во всех изучавшихся объектах ПЛСБ и ЕГСК (табл. 1).

Как видно из табл. 1, расчетные величины критерия Фишера превышают соответствующие табличные значения, на пяти- и однопроцентном уровнях значимости. Это зафиксировано на всех обследованных участках. Например, для ЛСП № 1 $F_{оп} = 6,22$ при $F_{05} = 1,75$ и $F_{01} = 2,19$, а для ЛСП № 24 $F_{оп} = 4,51$ при $F_{05} = 1,46$ и $F_{01} = 1,69$. Полученное таким образом опровержение нулевой гипотезы обосновывает целесообразность и возможность вычисления оценок эффективности действия организованных факторов. Они в данном случае представлены различиями между собственно плюсовыми деревьями. Их влияние достоверно и достаточно велико. В частности для ЛСП № 24 оно составило 35,39 % ($0,3539 \pm 0,0785$) по алгоритму Плохинского и 28,04 % ($0,2804 \pm 0,0874$ %) по алгоритму Снедекора. В архивах клонов те же оценки несколько ниже, при этом минимальная величина отмечена в архиве № 4 – 27,64 % ($0,2764 \pm 0,0874$) и 19,37 % ($0,1937 \pm 0,0974$) по отмеченным выше расчетным схемам.

Порядок размещения посадочных мест, схемы смешения и повторности клонов на лесосеменных плантациях и в архивах, определяемые нормативами их создания, обеспечивают предельную однородность экологического фона, на котором формируются все признаки растений, входящих в их состав. Это предопределяет то, что факторы среды на обследованных участках не могут оказывать влияние на возникновение и развитие зафиксированных различий между плю-

Результаты двухфакторного иерархического дисперсионного анализа по содержанию сухого вещества в однолетней хвое плюсовых деревьев сосны обыкновенной

Объект ПЛСБ ЕГСК	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ($h^2 \pm m_h$)			
				по Плохинскому		по Снедекору	
		F_{on}	F_{05} / F_{01}	H^2	$\pm m_{h2}$	h^2	$\pm m_{h2}$
Архив клонов № 1	различия ортетов	1,57	1,59/ 1,93	0,3024	0,3336	0,2290	0,3687
	различия рамет	4,11	1,32/ 1,48	0,4034	0,1989	0,3926	0,2025
	остаточная дисперсия	–	–	0,2942	0,7058	0,3784	0,6216
Архив клонов № 4	различия ортетов	1,48	1,59/ 1,93	0,2764	0,3497	0,2004	0,3865
	различия рамет	3,46	1,32/ 1,48	0,3876	0,2041	0,3603	0,2132
	остаточная дисперсия	–	–	0,3360	0,6640	0,4392	0,5608
ЛСП № 24	различия ортетов	2,15	1,59/ 1,93	0,3539	0,3141	0,2773	0,3513
	различия рамет	3,29	1,32/ 1,48	0,3380	0,2207	0,3130	0,2290
	остаточная дисперсия	–	–	0,3081	0,6919	0,4097	0,5903
ЛСП № 1	различия ортетов	5,195	1,59/ 1,93	0,4215	0,2712	0,3649	0,2977
	различия рамет	1,281	1,32/ 1,48	0,1731	0,2756	0,0544	0,3152
	остаточная дисперсия	–	–	0,4054	0,5946	0,5807	0,4193

совыми деревьями, а значит, неоднородность ассортимента объектов ПЛСБ и ЕГСК является следствием наличия внутренних причин – различий в генотипах плюсовых деревьев.

Критерии существенности различий, в качестве которых были выбраны наименьшая существенная разность (НСР) и D-критерий Тьюки (табл. 1) позволили установить, что в большинстве случаев парного сопоставления значений их разность превышает вычисленный критический порог для НСР на 5 % уровне значимости и в значительной части выше предельного значения D-критерия Тьюки. Это было подтверждено для всех обследованных участков.

Неорганизованные факторы – условия среды – вызывали возникновение весьма заметной остаточной дисперсии. Например, на ЛСП № 24 оценки достигали 64,61 % и 71,96 % по Плохинскому и Снедекору соответственно. Такие результаты указывают на выраженную зависимость содержания в хвое сухого вещества от комплекса внешних условий, что обусловило достаточно высокий уровень его изменчивости (см. рис. 1, 2), наблюдавшийся на всех участках опыта.

Организационная структура обследованных лесосеменных плантаций и архивов клонов и выбранная с учетом этого методическая схема построения опыта создали основания для дифференцированного учета изменчивости. Эффективность влияния каждого из факторов

на формирование дисперсии значений анализируемого признака позволил оценить двухфакторный иерархический дисперсионный анализ. Результаты представлены в табл. 2.

Сведения табл. 2 указывают на заметную наследственную обусловленность различий между ортетами – плюсовыми деревьями сосны обыкновенной, вошедшими в состав обследованных объектов ПЛСБ и ЕГСК. Вместе с тем влияние этого фактора не всегда оказывается наибольшим и в ряде случаев уступает по величине действию остальных. При этом на лесосеменных плантациях отмеченный эффект выше и составляет на ЛСП № 1 – 42,15 % ($0,4215 \pm 0,2712$), на ЛСП № 24 – 35,39 % ($0,3539 \pm 0,3141$). В архивах клонов он несколько ниже: в архиве № 1 – 30,24 % ($0,3024 \pm 0,3336$), в архиве № 4 еще меньше – 27,64 % ($0,2764 \pm 0,3497$). Такой итог в значительной степени соответствует результатам выполненного ранее однофакторного анализа (табл. 1).

Несходство рамет каждого отдельного ортета оказывает сопоставимое по масштабам влияние на формирование общей дисперсии (табл. 2). В рассматриваемом примере оно соответствует варьированию признака у особей одного клона и может быть вызвано неоднородностью прививок как по характеристикам подвоя, так и по качеству его срастания с привоем. Возможность возникновения такого взаимодействия хорошо известна и, прежде всего, обусловлена разным уровнем развития

корневых систем, а также диаметров в местах соединения привойно-подвойных компонентов. Принципиально подвой со всеми его физическими и физиологическими характеристиками можно рассматривать как субстрат для развития надземной части, участвующей в фотосинтезе и репродукции, или как один из элементов всего комплекса внешних условий. Оценки достигали значений: в архиве № 1 – 40,34 % (0,4034±0,1989); в архиве клонов № 4 – 38,76 % (0,3876±0,2041); на ЛСП № 24 – 33,80 % (0,3380±0,2207); на ЛСП № 1 – 17,31 % (0,1731±0,2756).

Остаточная дисперсия создается различиями, вызванными влиянием факторов среды, не связанных с особенностями прививки. Источником ее возникновения выступают неизбежная пестрота локальных условий, вызванная спецификой размещения рам на площади ЛСП или архива клонов, а также метамерная изменчивость хвои, представляющая различия в пределах одной особи. Соответствующие оценки составили: на ЛСП № 1 – 40,54 % (0,4054±0,5946); на ЛСП № 24 – 30,81 % (0,3081±0,6919); в архиве клонов № 1 – 29,42 % (0,2942±0,7058); в архиве клонов № 4 – 30,98 % (0,3360±0,6640).

Таким образом, установлено, что оценки массы содержащегося в хвое сухого вещества у разных клонов неодинаковы. Изменчивость этого показателя в основной массе соответствовала среднему и повышенному уровням шкалы С.А. Мамаева, достигая повышенного и высокого уровня у отдельных образцов. Выявленные между плюсовыми деревьями различия могут быть признаны существенными, исходя из результатов дисперсионного анализа, выполненного по однофакторной и двухфакторной схеме. Проявление их на фоне выровненных экологических условий при отсутствии влияния последних на формирование дисперсии дает основание рассматривать детерминированность отмеченного разнообразия как преимущественно генотипическую. Такие представления получили подтверждение высокими оценками доли влияния организованных факторов, которые в данных обстоятельствах можно использовать как коэффициенты наследуе-

мости в широком смысле. Наблюдающаяся неоднородность вегетативного потомства одного плюсового дерева является следствием неодинаковых характеристик прививок, в которых в качестве подвоя использованы сеянцы. Вклад факторов среды в формирование общей дисперсии чаще составляет 30–40 % и в целом оценивается как ограниченный.

Наследственный характер различий по содержанию сухого вещества в хвое плюсовых деревьев сосны обыкновенной обуславливает возможность выделения из их состава наиболее перспективных для включения в состав лесосеменных плантаций. При формировании их ассортимента необходимо учитывать наличие сухого вещества в хвое как косвенный показатель их продуктивности и репродуктивной активности, а сам анализируемый признак целесообразен в комплексной оценке селекционных объектов.

Библиографический список

1. Райт, Дж. В. Введение в лесную генетику / Дж.В. Райт. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 470 с.
2. Петров, С.А. Система плюсовой селекции / С.А. Петров // Разработка основ систем селекции древесных пород: тез. докл. совещания. Ч. I. – Рига, 1981. – С. 103–105.
3. Ефимов, Ю.П. Генетико-селекционная оценка объектов постоянной лесосеменной базы / Ю.П. Ефимов // Генетика и селекция – на службе лесу: Матер. междунар. науч. конф., Воронеж, 28 – 29 июня 1996 г. – Воронеж: изд. НИИЛГиС, 1997. – С. 298–307.
4. Потылев, В.Г. Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесохозяйственная информация. – 1997. – № 3. – С. 14–30.
5. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118–123.
6. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 199 с.
7. Крамер, Пол Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ. / Пол Д. Крамер, Теодор Т. Козловский. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 464 с.
8. Либберт, Э. Физиология растений: Пер. с нем. / Э. Либберт. – М.: Мир, 1976. – 582 с.
9. Лир, Х. Физиология древесных растений: Пер. с нем. / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 424 с.
10. Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений / С.А. Мамаев // П. Амплитуда изменчивости/ Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений: тр. И-та. эколог. раст. и жив. – Свердловск, 1969. – С. 3–38.

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО ПОДКОРМКОЙ САПРОПЕЛЕМ В ПИТОМНИКЕ ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА БГИТА

О.Н. СОЛОНЦОВ, заместитель генерального директора по ГИЛ ФГУП «Рослесинфорг»
канд. с.-х. наук,

В.А. ПОМОГАЕВА, доц. Брянской ГИТА, канд. с.-х. наук,

solontsov@inbox.ru

Ухудшение экологического состояния окружающей природной среды ставит питомническое хозяйство перед необходимостью перехода на биологическую систему земледелия путем широкого применения в полях севооборота традиционных и нетрадиционных органических удобрений и интегрированного способа борьбы с сорными растениями. Минеральные удобрения и гербициды, подавляя почвенную микрофлору, вызывают деградацию почвы и как следствие – снижение плодородия и удорожание себестоимости выращиваемого посадочного материала.

В этом отношении заслуживает внимания применение при подкормках сеянцев органических удобрений.

Объектом исследования служили однолетние сеянцы дуба черешчатого, выращиваемые на слабоподзолистой песчаной почве, сформировавшейся на двучленных отложениях флювиогляциальных и глауконитовых песков с фосфоритами, с низким содержанием в пахотном слое гумуса, легкогидролизуемого азота, обменного калия и средним подвижного фосфора. В связи с тем, что подкормкой можно оптимизировать режим минерального питания посадочного материала, на производственных посевах дуба черешчатого заложены два варианта опыта с подкормкой на них сеянцев традиционными минеральными удобрениями и органическим – сапропелем.

Показатели роста однолетних сеянцев дуба черешчатого на производственных посевах с низким естественным плодородием пахотного слоя почвы не отвечают техническим условиям ОСТ 56-98-93.

Подкормка сеянцев дуба в течение вегетационного периода азотным и полным минеральным удобрениями активизировала

их рост в высоту и по диаметру. Тем не менее, эти показатели оказались в 1,2–1,1 раза меньше, чем при корневой подкормке сапропелем. Применение в питомниках из года в год минеральных удобрений повышает результативность выращивания посадочного материала только в течение первых 10–15 лет. Затем под их влиянием нарушается экологическое равновесие почвенной микробиоты с доминированием в ее составе антагонистов и уменьшением интенсивности биохимических превращений. В результате происходит физическая, химическая и биологическая деградация почвы [1].

При подкормке сапропелем средняя высота сеянцев достигает 15,2 см, диаметр стволика у корневой шейки 4,5 мм. Сапропель как видоизмененные биохимическими, микробиологическими и физико-механическими процессами остатки растительных и животных организмов и частиц минеральных пород обладает хорошими водно-физическими свойствами, мелкодисперсной коллоидной структурой, обилием микрофлоры, органического вещества, азота, зольных элементов, меди, кобальта, бора, марганца, цинка, йода и других микроэлементов [2]. Поэтому четырехразовое внесение его в чистом виде вдоль посевных строк на поверхность почвы легкого гранулометрического состава объекта исследования активизировало рост сеянцев дуба, повысило их качество и выход стандартных с единицы площади.

Сеянцы древесных пород лучше приживаются на лесокультурной площади и имеют меньшее торможение роста при соотношении воздушно-сухих фитомасс надземной и подземной частей в пределах 2:1 – 3:1 [1]. Такое оптимальное соотношение получено при подкормке сеянцев дуба сапропелем.

Показатели роста и фотосинтеза однолетних сеянцев дуба черешчатого, выращенных подкормками сапропелем в питомнике Опытного лесничества БГИТА

Варианты опыта	Высота стволика, см	Диаметр корневой шейки, мм	Длина корней, см	Площадь поглотительной поверхности листьев 100 сеянцев, м ²	Продуктивность фотосинтеза	
					м ² /г	г/г
Подкормка четырехразовая минеральными удобрениями при норме на одnorазовую на кв. м площади посева 1-я-N2 г д.в.; 2 и 3-я-N3 г д.в.; 4-я-N 1,8P1,8K3,6 г д.в.	12,8±0,26	4,0±0,08	19,3±0,32	2,15	0,0106	0,1497
Подкормка четырехразовая сапропелем при норме на одnorазовую 500 г на кв. м площади посева	15,2±0,31	4,5±0,010	17,9±0,30	2,54	0,0084	0,1813
Контроль	10,0±0,26	3,0±0,07	27,0±0,37	1,76	0,0160	0,1138

На контрольном участке у сеянцев отмечается наименьшая масса и наибольшая длина корневой системы, которая, не находя достаточного количества питательных веществ в пахотном слое, уходит вглубь, к слою залегания фосфоритов. При подкормке сапропелем корневая система сеянцев имеет наибольшую массу при меньшей ее длине. Сформировавшаяся в пахотном слое, периодически покрываемом сапропелем, мочковатая корневая система с высокой всасывающей способностью увеличила обеспеченность посадочного материала элементами минерального питания и влагой.

У сеянцев дуба, подкормленных сапропелем, размер листьев в 1,2 и 1,1 раза больше, чем на контроле и на первом варианте опыта. Поэтому площадь поглотительной поверхности листьев у 100 сеянцев при подкормке сапропелем оказалась наибольшей (2,54 м²). Хлорофилловые зерна этой поверхности улавливают солнечную радиацию, а растения используют ее на разложение углекислого газа, дающего почти половину всего питания, необходимого для посадочного материала. От количества поглощенной солнечной радиации зависит продуктивность фотосинтеза. Если на контрольном участке 1 г сухого вещества особи синтезируется площадью листьев, равной 0,0160 м², то при подкормке минеральными удобрениями она уменьшается до 0,0106, сапропелем – до 0,0084 кв. м.

Оценка продуктивности фотосинтеза через весовые показатели свидетель-

ствует о том, что при подкормке сеянцев сапропелем 1 г листьев синтезируют большую массу сухого вещества растения (0,18 г). Минеральные удобрения снижают синтезируемую массу сеянца до 0,15 г. На производственных посевах без подкормок посадочного материала она оказалась минимальной – 0,11 г.

Преимущества в росте и состоянии сеянцев на вариантах опыта определили и выход стандартных с единицы площади. При одинаковой густоте стояния сеянцев в посевных строчках на опытных участках и контроле (48–50 шт./пог. м) общий их выход составил 685,7 и 714,3 тыс. шт. на 1 га. Выход стандартных меньше нормативной величины (363,1 и 214,3 тыс. шт.) отмечается при подкормке минеральными удобрениями и на производственных посевах. Подкормка сеянцев сапропелем увеличила выход стандартного посадочного материала до 634,9 тыс. шт. с единицы площади.

Таким образом, применение сапропеля при подкормке сеянцев дуба черешчатого не только повышает качество и выход стандартных с единицы площади, снижает их себестоимость, но и не загрязняет окружающую природную среду, разнообразит почвенную микрофлору. Высокие водно-физические и агрохимические свойства сапропеля позволяют использовать его в качестве одного из компонентов при приготовлении нетрадиционных органических удобрений с высокими лесорастительными свойствами. Результаты

проведенных в течение ряда лет исследований по применению традиционных и нетрадиционных органических удобрений при подкормке семян лиственных и хвойных пород являются шагом к разработке экологически безопасных технологий для питомнического хозяйства.

Библиографический список

1. Родин, С.А. Оптимизация почвенных условий в лесных питомниках / С.А. Родин // Лесное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 43–44.
2. Романов, Е.М. Производство и применение нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, Д.И. Мухоморов. – Йошкар-Ола, 2001. – С. 8–9.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРЕННЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ВЫРУБКИ ПРОИЗВОДНЫХ МЯГКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРАЛЕ

Н.Н. ТЕРИНОВ, *научный сотрудник лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса отдела лесоведения Ботанического сада УрО РАН, канд. с.-х. наук,*
 А.В. МЕХРЕНЦЕВ, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского ГЛТУ, канд. техн. наук,*
 А.В. ПОЛУХИН, *асп. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского ГЛТУ*

n_n_terinov@mail.ru; mehrentsev@gov66.ru; xspoluhinx@mail.ru

Смена хвойных пород на лиственные характерна для многих регионов России, в том числе и для Урала. Связана она с закреплением в прошлом и доминированием до настоящего времени сплошнолесосечной формы хозяйства. Такое отношение к лесным ресурсам не могло не сказаться на существенном увеличении доли производных лиственных насаждений в лесном фонде многих территорий [1]. К примеру, на Урале в начале XX столетия производных мягколиственных лесов севернее широты г. Нижнего Тагила не было [2]. К концу 20-х годов их доля составила уже 24 % [3]. В настоящее время площади с преобладанием ели и пихты в Свердловской области сократилась до 15,4 %, а доля березовых и осиновых древостоев увеличилась до 42,3 %. Только в 2007 г. по отношению к 2006 г. площадь ельников сократилась на 1,1 %, а площадь березовых древостоев увеличилась на 2,6 % [4, 5]. Такая динамика лесного фонда недопустима и неоправданна, так как потенциальные возможности еловых насаждений по восстановлению сплошных вырубок коренными темнохвойными породами на Урале достаточно высоки [6, 7]. В этом отношении наиболее перспективны производные мягколиственные насаждения, где количество темнохвойного подроста не-

редко достигает 80–100 тыс. экз./га. [8]. В этих условиях технологичные и простые в исполнении сплошнолесосечные и чересполосные постепенные рубки могут быть весьма эффективными.

Обследование площадей сплошнолесосечных чересполосных постепенных рубок 7-летней давности и смежных, не тронутых рубками участков производных мягколиственных насаждений проводилось на территории Красноуральского лесничества (бывший Кушвинский лесхоз). По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова, территория лесничества относится к Западно-Сибирской равнинной лесной области Зауральской холмисто-предгорной провинции южно-таежного лесорастительного района. Лесорастительные условия района исследований благоприятны для формирования и произрастания темнохвойных насаждений. Так, 84,8 % площади спелых и перестойных темнохвойных насаждений и 72,8 % площади спелых и перестойных производных мягколиственных насаждений лесхоза имеют достаточное количество хвойного естественно-го возобновления для восстановления вырубок хвойными породами. Тем не менее, березой и осинкой занято 56 % покрытой лесом площади, отнесенной к коренным типам леса.

Всего обследовано восемь таксационных выделов с размещенными на них лесными насаждениями и вырубками прошлых лет общей площадью 60,5 га. Лесосеки разбивались на 30-метровые пасеки (25 м – пасека, 5 м – волок). Валка деревьев осуществлялась бензомоторной пилой вершиной под острым углом на предварительно разрубленные трелевочные волокна. Обрубка сучьев производилась на волокнах. На трелевке хлыстов использовался гусеничный трактор ТТ-4.

Сбор всей информации осуществлялся на основе тренировочных пробных площадей (ОСТ 56-69 – 83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки) [9]. Всего заложено 7 пробных площадей общей площадью 2,31 га. Пробные площади (ПП) имеют четырехугольную форму и ограничены визирными линиями. Углы поворота закреплены столбами, на которых указан номер ПП, номер квартала, номер выдела и размеры ПП в гектарах. На участках, где заложены ПП 1, ПП 2 и ПП 3, примерно 23 года назад были проведены проходные рубки.

Перечет деревьев производился в пределах пробных площадей по элементам леса и ярусам с помощью мерной вилки ступенью толщины 2 и 4 см. По каждому ярусу на основании средней площади сечения по таблицам площадей сечений Н.В.Третьякова у деревьев преобладающей породы определялся средний диаметр. На основании показаний высот 3 – 5 деревьев, имеющих средний диаметр и измеренных с помощью высотомера, рассчитывалась средняя высота.

С целью установления некоторых первоначальных характеристик древостоя до рубки на одной из вырубленных пасек сплошнолесосечной (ПП 6) и чересполосной постепенной рубок (ПП 3) проводился учет срубленных деревьев. Далее с помощью таблиц Н.В.Третьякова устанавливался диаметр срубленных деревьев на высоте груди и рассчитывались остальные таксационные характеристики древостоя до рубки.

Учет подростка на каждой ПП проводился на круговых площадках радиусом 1,78 м (10 м²). Всего заложено 150 круговых площадок общей площадью 0,15 га, что составило

6,5 % от всей площади пробных площадей. При проведении учета подростка подразделялся по древесным породам, а те в свою очередь группировались по категориям высот (мелкий – до 0,5 м, средний – от 0,5 до 1,5 м и крупный – выше 1,5 м). На вырубленных участках учет подростка проводился отдельно на волокнах.

Возраст, ход роста и радиальный прирост древесины у еловых деревьев второго яруса в лесу и после проведения сплошнолесосечной и чересполосной постепенной рубки определялись на основе подсчета и замера годовых колец на кернях или поперечных срезах древесины, взятых у основания земли выше корневой шейки. Образцы в количестве 186 штук отбирались у деревьев ели из ступенной толщины 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24 см.

Работа с образцами древесины производилась на полуавтоматическом приборе «Lentab 3» с соответствующим программным обеспечением. Вся статистическая обработка данных произведена на базе офисной программы Windows «Excel» и пакета статистических программ «Statistica».

При сравнении экспериментально полученных таксационных характеристик насаждений с материалами лесоустройства отмечено игнорирование при проведении глазомерной таксации насаждений сложной вертикальной структуры древостоев (табл. 1). Согласно лесоустроительной инструкции, выделение ярусов предусмотрено при полноте не менее 0,3 и разности в высотах выделяемых ярусов древесных пород более 20 %. На время проведения лесоустройства показатель полноты второго яруса древостоев практически на всех пробных площадях мог быть определен меньше 0,3. Это допустимо и находится в пределах точности при оценке таксационных характеристик древостоя глазомерным способом. В то же время после рубки верхнего яруса не подрост темной хвойных пород, а именно значительное количество особей более старших поколений ели и пихты в возрасте от 35 до 65 лет, произрастающих во втором ярусе насаждений и не отраженных в материалах таксации, явилось надежной основой для эффективного реформирования производных мягколиственных насаждений

Сравнение таксационных характеристик насаждений, полученных экспериментально или восстановленных на основе данных пробных площадей в 2010 г. (числитель), и при проведении лесоустроительных работ методом глазомерной таксации в 2002 г. (знаменатель)

№ ПП тип леса	1 ярус					11 ярус					Подрост			
	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Кол-во, шт./га	Состав	Высота, М	Кол-во, тыс. шт./га
Не тронутые рубками участки леса														
1 ЕС тр.	8Б2Ос.ед.С 5Б3Ос1С1Е	85 75	26 23	32 24	0,65 0,5	6Е1ПЗБ+Ос,С -	55 -	12 -	12 -	0,4 -	850 -	6Е2П2К 7Е2П1С	2,0 3,0	1,0 3,0
4 ЕС зм. яг.	8Б1Ос1С 5Б3Ос1С1Е	85 75	5 23	24 22	0,7 0,6	5Е1П2Б2Ос -	60 -	12 -	12 -	0,35 -	800 -	8Е1П1К 6Е3П1С	2,0 3,0	1,5 3,0
5 Етр. лп.	5Б3Ос1Е1П 6Б3Ос1Е+С	85 75	25 23	25 22	0,65 0,7	5Б1Пп2П2Е -	- -	12 -	11 -	0,25 -	400 -	8П2Е 7Е2П1К	1,5 2,0	11,0 3,0
7 ЕС тр.	7Б2Е1С+Ос 4Б3Ос2С1Е	75 65	22 22	22 24	0,9 0,7	5Е1П4Б -	65 -	11 -	12 -	0,4 -	950 -	6Е4П,+К 8Е2П	1,5 2,0	5,0 2,5
Лесосеки чересполосной постепенной рубки														
2 ЕС тр.	8Б2Ос.ед.Е 7Б2Ос1Е+С	85 75	25 23	30 24	0,65 0,4	6Е1ПЗБ+Ос -	55 -	12 -	14 -	0,4 -	600 -	10Ос+Е 10Е	3,0 2,0	10,0 2,0
3 ЕС Тр	7Б2Ос1Е+С 7Б2Ос1Е+С	85 75	25 23	30 24	0,65 0,4	8Е1П1Б+.К -	55 -	14 -	17 -	0,45 -	550 -	4Е3ПЗК 10Е	2,5 2,0	0,6 2,0
Лесосека сплошнолесосечной рубки														
6 ЕС тр.	6Б3Ос1Е+С 6Б3Ос1С+Е	85 75	24 23	27 22	0,55 0,7	7Е3П.ед.К,Ос -	65 -	11 -	12 -	0,5 -	950 -	8Ос2Е 7Е2П1К	2,5 2,0	8,5 2,5

в темнохвойные. В результате через 7 лет на лесосеках чересполосных постепенных и сплошнолесосечных рубок сформировался 50–60-летний темнохвойный и близкий к средней полноте древостой. Исключением из этого правила является участок леса, на котором заложена ПП 5. Количество темнохвойных пород во втором ярусе составляет всего 120 экз./га, но в то же время количество подроста ели и пихты исчисляется 11 тыс. экз./га. В лесоустроительных материалах этот момент также достоверно не отражен. В этой ситуации при переформировании производного лиственного насаждения в темнохвойное необходимо ориентироваться на сохранный в процессе и после рубки подрост темнохвойных пород.

Таким образом, полная таксационная характеристика насаждений позволяет получить реальную картину состояния на разных стадиях развития и определиться в наиболее рациональном и эффективном использовании имеющего-

ся потенциала насаждений, в том числе и при решении задачи по восстановлению участков коренными хвойными породами.

Как уже было отмечено, на участках, где заложены ПП 1, ПП 2 и ПП 3, около 23 лет назад были проведены проходные рубки. Это существенно отразилось на ходе роста деревьев ели по диаметру, произрастающей или произраставшей во втором ярусе производных лиственных насаждений (рисунок). Эффект от проведенной проходной рубки на ПП 1 в виде увеличения текущих приростов до стабилизации в 2002 г. наблюдался в течение 15 лет. На участках чересполосной постепенной рубки, где первому приему предшествовала проходная рубка, поступательное увеличение текущего прироста ели второго яруса продолжилось после заключительного приема и составило в общей сложности около 20 лет. При этом существенное увеличение абсолютных значений среднепериодического радиального прироста у деревьев ели на

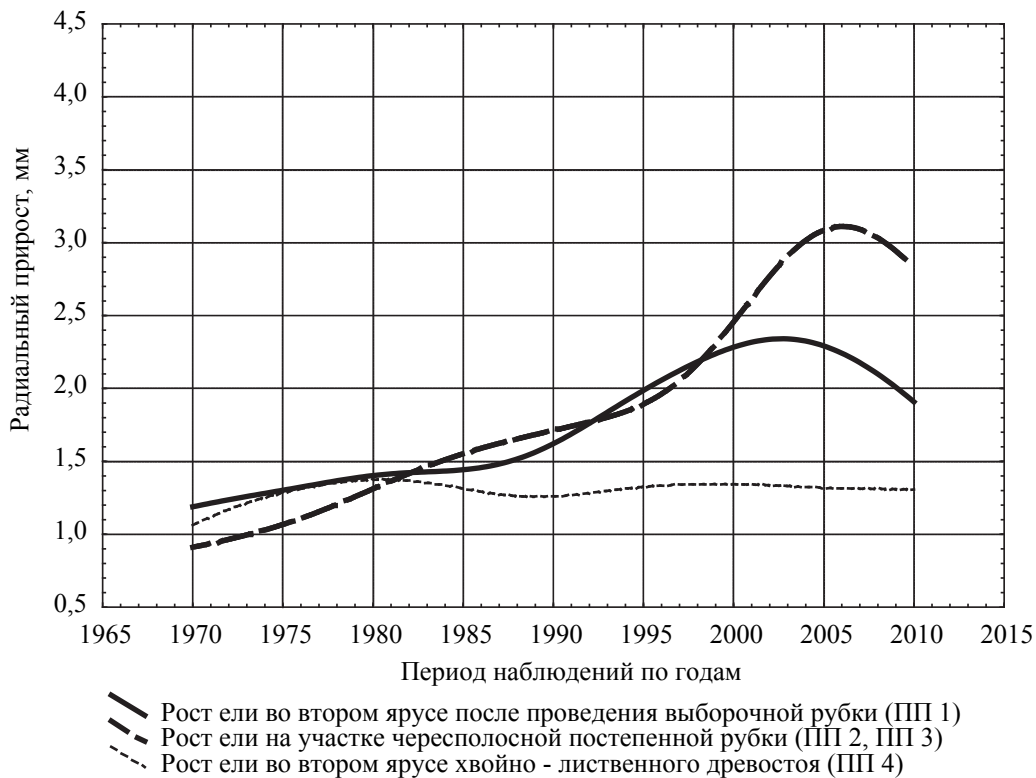


Рисунок. Ход роста ели по диаметру за последние 40 лет во втором ярусе производных хвойно-лиственных древостоев и на участках чересполосной постепенной рубки

ПП 2 и ПП 3 по сравнению с ПП 1 наблюдается только после проведения второго приема чересполосной постепенной рубки. То есть проходная рубка, улучшив экологическую обстановку на определенном этапе развития насаждения, стимулировала и поддержала на определенном уровне темп роста деревьев ели второго яруса, а следующая за ней чересполосная постепенная рубка закрепила и приумножила полученный результат. В результате в насаждении (ПП 1) и на участках чересполосных постепенных рубок (ПП 2 и ПП 3) отмечено некоторое количество деревьев ступеней толщины 20 и 24 см. При этом их возраст находился в пределах 45 – 70 лет и соответствовал возрасту деревьев ели ступеней толщины 8 и 12 см. Таким образом, при создании рубкам ухода благоприятных экологических условий для роста темнохвойного естественного возобновления на ранних стадиях развития производного мягколиственного насаждения в перспективе успешно решаются задачи по их переформированию в темнохвойные и сокращается возраст технической спелости деревьев.

Имеющиеся экспериментальные данные позволяют сравнить динамику роста естественного возобновления ели по диаметру на лесосеках сплошнолесосечной и чересполосной постепенной рубок. Во всех случаях (за исключением ели ступени толщины 24 см) среднепериодический радиальный прирост соответствующих ступеней толщины деревьев ели до рубки достоверно в 1,5 – 6,0 раза ниже среднепериодического прироста после рубки (табл. 2). Приросты по диаметру деревьев ели ступеней толщины 8, 12 и 16 см за 7 лет на обоих участках рубок достоверно не различаются, что является результатом в том числе и ранее проведенной проходной рубки на ПП 2 и ПП 3. В этом случае при равном лесоводственном эффекте чересполосных постепенных рубок и сплошнолесосечных рубок, которое выражается в одинаковом темпе роста и направлении формирования темнохвойных насаждений, просматривается экономическое преимущество первых над вторыми. Состоит оно в увеличении объема древесины у деревьев, оставшихся до второго приема рубки.

Радиальный прирост и прирост по диаметру ели за 7 лет до и после проведения сплошнолесосечной и заключительного приема чересполосных постепенных рубок

№ ПП	Способ рубки	Степень толщины, см / возраст, лет	Среднепериодический радиальный прирост, мм		Прирост по диаметру после рубки, см	До рубки	
			до рубки	после рубки		Степень толщины, см	Возраст, лет
2, 3	Чересполосная постепенная	8 / 45-68	0,6±0,08	2,0±0,21	3,6±0,44	4	32–55
		12 / 44-68	1,0±0,14	2,7±0,32	4,4±0,60	8	31–55
		16 / 42-64	2,0±0,14	3,2±0,21	4,6±0,44	12	29–51
		20 / 45-68	2,5±0,16	3,8±0,22	5,2±0,26	14	32–55
		24 / 49-69	3,2±0,27	4,1±0,40	5,2±0,50	18	36–56
6	Сплошнолесосечная	8 / 52-67	0,5±0,06	3,0±0,31	4,2±0,44	4	45–61
		12 / 52-72	1,5±0,14	3,1±0,25	4,2±0,34	8	45–65
		16 / 55-71	2,1±0,33	3,8±0,42	5,4±0,58	10	48–64

При анализе радиальных приростов образцов древесины деревьев ели до и после рубки установлена тесная, прямолинейная и достоверная связь между среднепериодическим радиальным приростом и степенью толщины дерева (соответственно $R = 0,98$, $p = 0,0001$ и $R = 0,82$, $p = 0,0126$).

Время рубки в обоих случаях выбрано удачно: в возрасте 40 – 60 лет ель пластична к изменению экологических условий и обладает высокой энергией роста. Это позволяет надеяться, что к возрасту 100 лет сформируется высокопродуктивное насаждение, отвечающее условиям местопроизрастания. Диаметр сохраненной после рубки ели ежегодно увеличивается на 0,4–0,8 см. Учитывая лесорастительные условия и молодой возраст деревьев (на сегодняшний день в среднем 50 лет), можно ожидать, что с учетом развития верхнего яруса насаждения ель 8, 12 и 16 см через 15–20 лет перейдет в ступени соответственно 12, 18 и 22 см, а деревья 20–24 см будут иметь диаметр 28–30 см. Другими словами, рубки ухода и пользование древесиной деревьев ели и пихты из сохраненного после рубок второго яруса темнохвойных пород возможно уже через 10 лет. Это обстоятельство может явиться одним из стимулов для проведения лесохозяйственных мероприятий с целью решения комплекса лесоводственных и экономических задач.

В древостоях рост деревьев ели второго яруса по диаметру за исследуемый период существенно отличается от их роста на вы-

рубленных участках (табл. 3). Деревья со ступенями толщины 8 – 16 см за последние 7 лет увеличили диаметр примерно на 1,5 см, что в 2,8 – 3,1 раза меньше, чем на участках чересполосной постепенной и сплошнолесосечной рубок (табл. 2). На вырубленных участках при одинаковых средних относительных полнотах древостоев и возрастов деревьев ели (ПП 1, ПП 4, ПП 5) прослеживается достоверная, тесная и прямолинейная связь между среднепериодическим радиальным приростом и степенью толщины деревьев с 8 до 16 см ($R = 0,89$, $p = 0,0069$). Как и следовало ожидать, причиной низких абсолютных значений среднепериодических радиальных приростов деревьев ели на ПП 7 объясняется существенно более высокая полнота верхнего яруса древостоя по отношению к другим участкам. Таким образом, в среднеполнотных в отличие от высокополнотных древостоев создаются наиболее благоприятные условия для роста и развития нижних ярусов древесной растительности. При этом самый большой темп роста имеют наиболее крупные и развитые деревья.

Последующее естественное возобновление на волоках, как правило, происходит за счет поросли лиственных пород. Это, наряду с возобновлением лиственных пород в пасеках, может существенно сказаться на общем составе и вертикальной структуре формирующихся после рубок молодняков. При обследовании части выдела, где заложена ПП 2, выявлена рубка дополнительных техноло-

Радиальный прирост и прирост по диаметру ели за 7 лет на покрытых лесом участках

№ ПП	Степень толщины, см	Среднепериодический радиальный прирост, мм	Прирост по диаметру за 7 лет, см	Возраст, лет
1	8	0,7±0,08	1,0±0,11	41–68
	12	1,6±0,19	2,2±0,26	36–69
	16	1,9±0,20	2,6±0,28	37–69
	20	3,3±0,35	4,6±0,50	43–68
4	8	0,8±0,18	1,2±0,24	43–70
	12	1,3±0,23	1,8±0,32	54–70
	16	1,4±0,10	2,0±0,14	58–75
5	8	0,8±0,05	1,4±0,10	65–70
7	8	0,5±0,11	0,8±0,14	65–70
	12	0,9±0,10	1,4±0,16	60–70
	16	0,7±0,08	1,0±0,11	65–80

гических коридоров при проведении второго приема чересполосной постепенной рубки. В связи с этим ширина половины пасек сократилась до 10 м. Дополнительная разрубка волоков была предпринята с целью удобства вытрелевки поваленных деревьев, произрастающих в центре пасеки, и сохранения естественного возобновления темнохвойных пород. В результате общая площадь технологических коридоров составила около 30 % от площади лесосеки. На дополнительно прорубленных волоках в тех местах, где зафиксированы заезды трактора в пасеки, отмечается активный рост и развитие поросли осины и березы в количестве 11 тыс. экз./га. Высота деревьев мягколиственных пород достигает 3,5 м и более. Сходная ситуация наблюдается на волоках на участке сплошнолесосечной рубки. Здесь произрастают ива, осина и береза в количестве 7 тыс. экз./га, высота которых достигает 4 м и более.

Чересполосные постепенные рубки на участках, где заложена ПП 3, выполнены в основном с соблюдением регламента лесосечных работ. На волоках, используемых в первый и второй прием чересполосной постепенной рубки, поросль мягколиственных пород имеется в незначительном количестве или отсутствует. Описанные случаи не единичны. Подобная картина наблюдалась ранее при обследовании участков первых и вторых приемов чересполосных постепенных рубок, проведенных в Серовском лесхозе.

Вывод, который следует из сложившейся ситуации на участке, где заложена

ПП 2, очевиден: при соблюдении принятой технологии лесозаготовок необходимо сократить ширину пасек до 20 м, что при ширине волока 5 м составит все те же регламентируемые 20 % от площади лесосеки. При проведении первого и второго приема чересполосной постепенной рубки транспортировку хлыстов трактором на верхний склад следует осуществлять по одним и тем же технологическим коридорам. Для этого первый прием рубки должен начинаться с разрубки всех волоков. Валку деревьев с назначенных в рубку пасек следует производить на два волока.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Полная таксационная характеристика насаждения, включая полную характеристику естественного возобновления, начиная со среднего возраста древостоев, позволяет в большей степени объективно и целенаправленно определиться в направлении ведения хозяйства на конкретном лесном участке.

2. Сплошнолесосечные и чересполосные постепенные рубки при своевременном проведении, которое определяется состоянием и некоторыми таксационными характеристиками естественного возобновления темнохвойных пород и при его сохранении в процессе рубок, являются эффективным способом восстановления коренных темнохвойных пород на месте произрастания производных мягколиственных насаждений.

3. Лесоводственная эффективность сплошнолесосечных и чересполосных посте-

пенных рубок возрастает, если они проводятся в среднеполнотных древостоях и им предшествовали рубки ухода.

4. С целью сохранения естественного возобновления при проведении рубок с использованием тяжелой гусеничной техники (трелевочные тракторы ТТ-4 и ТДТ-55) ширина пасек должна быть ограничена до 25 м (20 – 21 м – пасека, 4 – 5 м – волок). При этом общая площадь пасечных волоков будет находиться в пределах, установленных регламентом.

5. Неоднократное использование трелевочных волоков при проведении чересполосных постепенных рубок существенно снижает вероятность появления и активного роста на них поросли мягколиственных древесных пород.

6. Во многих случаях сформированные к настоящему времени или в ближайшие 10 лет средневозрастные темнохвойные насаждения могут быть объектом хозяйства и осваиваться в течение действующих сроков договора аренды. Это может быть одним из стимулов для участия предпринимателей в решении задачи улучшения лесного фонда арендных предприятий.

Библиографический список

1. Заключительный сводный отчет по заданию 053026 (тема в). – Пушкино: ВНИИЛМ, 1975. – 102 с.
2. Боков, В.Е. Артинская казенная горнозаводская дача / В.Е. Боков // Лесной журнал. – 1901. – № 4. – С. 21–32.
3. Переход, В.И. Краткая характеристика лесозономических условий Уральской области / В.И. Переход // Записки лесопромышленного факультета УПИ. – Свердловск: УПИ, 1929. – Вып. 1. – С. 15–27.
4. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2006 году. – Екатеринбург, 2007. – 299 с.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2007 году. – Екатеринбург, 2008. – 377 с.
6. Неменьший, Б.И. Эффективность сохранения подраста на сплошных вырубках / Б.И. Неменьший // Лесное хозяйство. – 1984. – № 4. – С. 23–25.
7. Побединский, А.В. Сравнительная оценка естественных и искусственных лесов / А.В. Побединский // Лесное хозяйство. – 1986. – № 5. – С. 28–32.
8. Побединский, А.В. Рубки главного пользования / А.В. Побединский. – М.: Лесная промышленность. – 1963. – 210 с.
9. Справочник общесоюзных нормативов для таксации лесов. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМОТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ В ОБЛАСТИ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Л.Н. СОКОЛОВА, *начальник группы правовых исследований Отдела НИОКР и ПИР ФГУП «Рослесинфорг»*,

О.Н. СОЛОНЦОВ, *заместитель генерального директора по ГИЛ ФГУП «Рослесинфорг»*,
канд.с.-х. наук,

Н.С. БОХАНОВА, *канд. биол. наук*

Insokolova@bk.ru; solontsov@inbox.ru; nbokhanova9@rambler.ru

Полномочия субъектов РФ в области лесных отношений, установленные Лесным кодексом Российской Федерации от 4 декабря 2006 года

Основные полномочия субъектов РФ урегулированы статьями 82 «Полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области лесных от-

ношений» и 83 «Передача осуществления отдельных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений органам государственной власти субъектов Российской Федерации» Лесного кодекса Российской Федерации (далее – Лесной кодекс), утвержденного Федеральным законом от 6 декабря 2006 года [1].

Субъекты РФ наделены широкими полномочиями в области использования, охраны,

Изменения статей Лесного кодекса, регулирующих полномочия субъектов РФ

2008 год	
ст. 32 Заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов	
старая редакция	новая редакция
п.2. К недревесным лесным ресурсам, заготовка и сбор которых осуществляются в соответствии с настоящим Кодексом, относятся пни, береста, кора деревьев и кустарников, хворост, веточный корм, еловая, пихтовая, сосновая лапы, ели для новогодних праздников, мох, лесная подстилка, камыш, тростник и подобные лесные ресурсы.	п.2. К недревесным лесным ресурсам, заготовка и сбор которых осуществляются в соответствии с настоящим Кодексом, относятся пни, береста, кора деревьев и кустарников, хворост, веточный корм, еловая, пихтовая, сосновая лапы, ели <i>или деревья других хвойных пород</i> для новогодних праздников, мох, лесная подстилка, камыш, тростник и подобные лесные ресурсы (дополнена ФЗ от 22.07.2008 № 143-ФЗ)
ст. 33 Заготовка и сбор гражданами недревесных лесных ресурсов для собственных нужд	
п.1. Заготовка и сбор гражданами недревесных лесных ресурсов для собственных нужд осуществляются в соответствии со статьей 11 настоящего Кодекса	п.1. Заготовка и сбор гражданами недревесных лесных ресурсов, <i>за исключением елей и деревьев других хвойных пород для новогодних праздников</i> , для собственных нужд осуществляются в соответствии со статьей 11 настоящего Кодекса (дополнена ФЗ от 22.07.2008 № 143-ФЗ)
ст. 96 Государственный лесной контроль и надзор	
П.3. Должностные лица, осуществляющие государственный лесной контроль и надзор (государственные лесные инспектора), имеют право:...	п.3. Должностные лица, осуществляющие государственный лесной контроль и надзор (государственные лесные инспектора, <i>лесничие</i>), имеют право:... (дополнена ФЗ от 22.07.2008 № 143-ФЗ в части <i>ношения, хранения и применения специальных средств, служебного оружия</i> и др.)
п.4. Государственному лесному инспектору выдаются служебное удостоверение и форма установленного образца	п.4. Государственному лесному инспектору, <i>лесничему</i> выдаются служебные удостоверения и форма установленного образца (дополнена ФЗ от 22.07.2008 № 143-ФЗ)
2009 год	
ст. 29 Заготовка древесины	
—	дополнена п. 8.2.: «В исключительных случаях, предусмотренных законами субъектов Российской Федерации, допускается осуществление заготовки древесины для обеспечения государственных нужд или муниципальных нужд на основании договоров купли-продажи лесных насаждений» (введена ФЗ от 14.03.2009 № 32-ФЗ)
ст. 32 Заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов	
—	дополнена п. 4.1.: «В исключительных случаях, предусмотренных законами субъектов Российской Федерации, допускается осуществление заготовки елей и (или) деревьев других хвойных пород для новогодних праздников гражданами, юридическими лицами на основании договоров купли-продажи лесных насаждений без предоставления лесных участков.» (введена ФЗ от 14.03.2009 № 32-ФЗ)
ст. 75 Договор купли-продажи лесных насаждений	
п.6. Исключительные случаи заготовки древесины на основании договора купли-продажи лесных насаждений устанавливаются законами субъектов Российской Федерации.	Утратил силу – ФЗ от 14.03.2009 № 32-ФЗ
ст. 82 Полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области лесных отношений	
—	дополнена: п.1.1: «определение функциональных зон в лесопарковых зонах, площади лесопарковых зон, зеленых зон, установление и изменение границ лесопарковых зон, зеленых зон» (введен ФЗ от 14.03.2009 № 32-ФЗ)

<i>ст. 83 Передача осуществления отдельных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений органам государственной власти субъектов Российской Федерации</i>	
п.4) организация использования лесов, их охраны (в том числе тушения лесных пожаров), защиты (за исключением лесопатологического мониторинга), воспроизводства (за исключением лесного семеноводства) на землях лесного фонда и обеспечение охраны, защиты, воспроизводства лесов на указанных землях;	п.4) организация использования лесов, их охраны (в том числе осуществления мер пожарной безопасности), защиты (за исключением лесопатологического мониторинга), воспроизводства (за исключением лесного семеноводства) на землях лесного фонда и обеспечение охраны, защиты, воспроизводства лесов (в том числе создание и эксплуатация лесных дорог, предназначенных для охраны, защиты и воспроизводства лесов) на указанных землях (введен ФЗ от 14.03.2009 № 32-ФЗ)

защиты и воспроизводства лесов, которые связаны либо с осуществлением ими прав собственника лесных участков, либо с нормативным правовым регулированием ряда видов использования лесов для собственных нужд граждан.

Нормативно-правовое регулирование переданных полномочий является совместной прерогативой Российской Федерации и субъектов РФ и осуществляется на основе норм федерального закона, способствуя созданию стимулов к рациональному лесопользованию и эффективному воспроизводству лесов.

Важным фактором региональной нормотворческой деятельности и правоприменительной практики в области лесных отношений является соблюдение одного из основных принципов охраны окружающей среды, установленного Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года [2]: учета природных и социально-экономических особенностей при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

Со времени введения в действие Лесного кодекса на протяжении двух лет (2008–2009 гг.) внесены многочисленные изменения и дополнения (8 редакций внесли 69 изменений и дополнений), которые потребовали адекватного и своевременного реагирования органов государственной власти субъектов РФ на соответствующие изменения в принятые в 2007 и 2008 гг. региональные нормативные правовые акты (далее – НПА). Не все субъекты смогли своевременно выполнить эту задачу, что отразилось на правоприменительной практике. Об этом свидетельствуют постановления региональных судов и Верховного суда Российской Федерации по ряду вопросов. Сказалось также кардинальное из-

менение лесного законодательства и формирование в этот период новой структуры управления в лесном хозяйстве [3, 4].

Поскольку предметом статьи являются проблемы законодательства и правоприменительной практики в рамках полномочий субъектов РФ, целесообразно показать, что же менялось в 2008–2009 гг. в области лесного законодательства, касающегося региональных полномочий (табл. 1).

Изменения внесены также в статьи 108 «Эксплуатационные леса» и 109 «Резервные леса» Лесного кодекса в части переданных субъектам РФ полномочий не только по установлению, но также (в новой редакции) по изменению границ эксплуатационных и резервных лесов.

Краткий анализ законодательных и иных НПА, принятых субъектами РФ в соответствии с Лесным кодексом, по состоянию на 10.10.2009 г.

В рамках выполнения ФГУП «Рослесинфорг» государственных контрактов [5, 6] был осуществлен анализ более 1500 НПА за период с 2007 г. по конец третьего квартала 2009 г., разработанных субъектами РФ в соответствии с переданными им полномочиями в области лесных отношений.

Изменения и дополнения региональных НПА приняты в связи с внесением изменений в Лесной кодекс, а также пересмотром региональных ставок платы за единицу объема древесины и других лесных ресурсов, нормативов заготовки древесины для собственных нужд граждан, упрощением порядка заключения договоров купли-продажи лесных насаждений и другим основаниям.

Количество принятых НПА субъектами РФ в пределах переданных им полномочий в области лесных отношений, а также НПА, внесших в них изменения и дополнения

Полномочия субъектов Российской Федерации	2007 год		2008 год		2009 год	
	кол-во НПА	кол-во НПА, внес. изм. и доп.	кол-во НПА	кол-во НПА, внес. изм. и доп.	кол-во НПА	кол-во НПА, внес. изм. и доп.
Установление ставок платы за единицу объема лесных ресурсов и ставок платы за единицу площади лесного участка, находящегося в собственности субъекта РФ, в целях его аренды	23	–	7	2	3	4
Установление ставок платы за единицу объема древесины, заготавливаемой на землях, находящихся в собственности субъектов РФ	24	–	9	1	4	3
Утверждение порядка и нормативов заготовки гражданами древесины для собственных нужд	63	3	14	17	–	28
Установление порядка заготовки гражданами пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений для собственных нужд	63	3	20	10	–	11
Установление порядка заготовки и сбора гражданами недревесных лесных ресурсов для собственных нужд	63	3	13	27	–	27
Установление для граждан ставок платы по договору купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд	68	1	16	8	5	13
Установление правил использования лесов для ведения охотничьего хозяйства	48	–	22	7	3	12
Установление порядка заключения гражданами договоров купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд	64	2	25	21	3	21
Исключительные случаи заготовки древесины на основании договора купли-продажи лесных насаждений	53	3	11	6	13	33
Установление перечня должностных лиц, осуществляющих государственный лесной контроль и надзор	58	8	14	18	9	9
Установление порядка деятельности лесничих	4	–	26	3	7	11
Итого	561	23	177	120	47	172
	584		297		219	

В ряде субъектов РФ (44 субъекта) не разрабатывались НПА по вопросам, связанным с осуществлением ими прав собственника, из-за отсутствия в собственности лесных участков.

На основе проведенного мониторинга и анализа НПА субъектов РФ можно сделать вывод, что в 80 % субъектов РФ принят весь пакет НПА в соответствии с переданными им полномочиями в области лесных отношений.

Анализ выявил нарушения, недостатки, а также пробелы регионального лесного законодательства. Большая часть противоречий федеральному законодательству обусловлена многочисленными изменениями федеральных норм и отставанием региональной нормотвор-

ческой деятельности при реализации полномочий, переданных органам государственной власти субъектов РФ в области лесных отношений, а также бланкетный характер отдельных норм на федеральном уровне.

Таким примером является установление «исключительных случаев заготовки древесины» (20). Федеральным законом от 14.03.2009 № 32-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации» [3] признана утратившей силу часть 6 статьи 75 «Договор купли-продажи лесных насаждений» и внесены изменения в статьи 29 «Заготовка древесины» и 32 «Заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов» Лесного кодекса (см. табл.1). Из-за неправильного толкования части 6 статьи 75

в некоторых субъектах РФ были установлены случаи, не являющиеся исключительными, так как такие правоотношения уже урегулированы статьями 16, 19, 21, 55 Лесного кодекса и не требуют дополнительной правовой регламентации со стороны субъекта РФ.

Анализ правоприменительной практики показал, что на уровне регионов длительное время оставалось противоречивым установление исключительных случаев заготовки древесины. В связи с этим были решения судов различных инстанций [7, 8]. Для конкретизации части 8 статьи 29 Лесного кодекса (табл. 1) Рослесхозом даны соответствующие разъяснения в части определения «государственных и муниципальных нужд».

Субъекты РФ, стремясь ликвидировать пробел федерального лесного законодательства и устранить неопределенность толкования Кодекса, устанавливают собственные термины и понятия, что приводит к различному пониманию и применению норм федерального законодательства в отдельных регионах, в частности уточнение понятия «заготовка для собственных нужд».

Краткий обзор НПА и правоприменительной практики в области лесных отношений в субъектах РФ по отдельным полномочиям

Объем данной статьи не позволяет рассмотреть региональное законодательство и правоприменительную практику, сложившуюся со времени принятия Лесного кодекса, по всему кругу полномочий субъектов РФ. Поэтому далее приводится краткий обзор реализации полномочий, в наибольшей степени затрагивающих интересы местного населения при заготовке древесины, пищевых и других лесных ресурсов и в то же время связанных с необходимостью соблюдения рационального использования лесных ресурсов способами, не наносящими вреда окружающей среде.

Утверждение порядка и нормативов заготовки гражданами древесины для собственных нужд

В соответствии с федеральным законодательством субъекты РФ вправе установ-

ливать на территории региона порядок заключения договоров купли-продажи согласно Правилам подготовки и заключения договора купли-продажи лесных насаждений.

Анализ НПА выявил нарушение ряда положений Правил. Так, в отдельных законах, в части, устанавливающей, какие органы осуществляют подготовку договора купли-продажи (государственной власти субъектов РФ или местного самоуправления), остается неясным, в собственности какого публично-правового образования находится земельный участок. В некоторых НПА установлены конкретные сроки подачи заявления для получения права заготовки древесины. Это нарушает Правила, в которых конкретный срок подачи заявления не предусмотрен.

В некоторых законах содержатся статьи, устанавливающие дополнительный перечень документов, представляемых для оформления заявления и обоснований для его расторжения, не предусмотренных Правилами, установившими исчерпывающий перечень необходимых сведений.

В отдельных субъектах РФ были приняты судебные решения об отмене пунктов НПА о необходимости предоставления дополнительных документов и обоснований для расторжения договора: решение Хабаровского краевого суда; решение Пермского краевого суда; решение Ленинградского областного суда.

В настоящее время в ряде субъектов РФ приняты и рассматриваются аналогичные поправки в НПА в целях исключения необоснованных дополнительных требований.

В некоторых регионах введена практика контроля за целевым использованием древесины, заготовленной гражданами для собственных нужд, и законодательно предусмотрен порядок его организации. Принятый порядок контроля органов местного самоуправления или иных органов и санкции за нецелевое использование древесины не установлены федеральным законодательством.

Правовой механизм осуществления контроля и привлечения к ответственности за нарушение законодательства гражданами, заготавливающими лесные ресурсы для собственных нужд, в настоящее время создан.

Вместе с тем, как показывает правоприменительная практика, его применение затруднено.

Утверждение порядка заготовки гражданами пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений для собственных нужд.

Установление порядка заготовки и сбора гражданами недревесных лесных ресурсов для собственных нужд.

В соответствии с п.1 ст.11 Лесного кодекса граждане имеют право свободно и бесплатно пребывать в лесах и для собственных нужд осуществлять заготовку и сбор дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов, других пригодных для употребления в пищу лесных ресурсов (пищевых лесных ресурсов), а также недревесных лесных ресурсов.

Федеральным законодательством не урегулированы вопросы, касающиеся объемов (нормативов) заготовки для собственных нужд и порядка их установления, что может способствовать созданию региональной системы администрирования пищевых ресурсов с элементами коррупции.

Проблемой, требующей скорейшего решения, является разработка нормативных и методических документов, определяющих расчеты и порядок выделения квот гражданам и юридическим лицам на заготовку пищевых и недревесных лесных ресурсов на предоставленных в аренду лесных участках и на заготовку гражданами для собственных нужд.

К недостаткам многих НПА следует отнести их излишнюю краткость, не детализируются особенности заготовки и сбора отдельных видов лесных ресурсов, эти факторы отражаются на качестве документа и его правоприменении. Так, необходимо принятие законов, содержащих детальное изложение требований по заготовке кедровых орехов, с целью охраны кедровников. В законе Кемеровской области соответствующие требования изложены достаточно подробно, предусмотрен порядок согласования с гражданами мест заготовки.

Такие субъекты РФ, как Красноярский край, Кабардино-Балкарская Республика у-

вердили нормативы заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений для собственных нужд; Республика Северная Осетия – Алания, Хабаровский край, Псковская область утвердили возможность установления таких нормативов, что противоречит федеральному законодательству. Все указанные НПА приняты в 2007 г., и до 10.10.2009 г. в них не вносились изменения и дополнения. Документы, принятые в 2008–2009 гг. в части вышеуказанных полномочий, уже не допускают таких нарушений, а, например, в таких регионах, как Республика Адыгея, Приморский край, Кемеровская область, Еврейская автономная область отменили ранее установленные нормативы таких заготовок и сбора.

Изменения и дополнения, внесенные в 2008–2009 гг., устанавливают, что при заготовке лесных ресурсов следует применять способы и технологии, исключаящие истощение природных ресурсов и негативное воздействие на состояние и воспроизводство лесов, не допускать нанесения вреда окружающей среде.

Проблемы совершенствования нормотворческой деятельности и правоприменительной практики в субъектах РФ

Проведенный анализ нормотворчества субъектов РФ показал позитивные тенденции, направленные на повышение качества и эффективности правового регулирования, своевременное приведение регионального лесного законодательства в соответствие с федеральным. Вместе с тем многие НПА, большая часть которых принята в 2007 и первом полугодии 2008 г., недостаточно технически отработаны, содержат неточные предписания, излишне краткие, не всегда соблюдается единство терминологии, не все положения соответствуют федеральному законодательству, отмечается дублирование аналогичных законов отдельными субъектами РФ.

Эффективность развития системы регионального лесного законодательства во многом зависит от обеспеченности методическими и нормативными документами по вопросам осуществления полномочий субъек-

ектов РФ. Большое значение имеет информирование граждан о региональных законах и разъяснение порядка заготовки древесины и иных лесных ресурсов для собственных нужд.

Для повышения эффективности регионального законодательства в области лесных отношений необходимо выполнение ежегодного мониторинга и анализа правоприменительной практики в разных субъектах РФ, которые будут способствовать своевременному выявлению и исключению недостатков регионального и федерального лесного законодательства.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 года № 200-ФЗ (Собрание законодательства РФ, 11.12.2006, № 50, ст. 5278)
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ – М: Издательство «Омега-Л», 2009 (Законы Российской Федерации).
3. Федеральный закон от 14 марта 2009 года № 32-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Собрание законодательства РФ, 16.03.2009, № 11, ст. 1261).
4. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 143-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации»» (Собрание законодательства РФ, 28.07.2008, № 30 (ч. 1), ст. 3599).
5. Методические рекомендации по нормативному правовому регулированию субъектами Российской Федерации переданных полномочий в области лесных отношений. ФГУП «Рослесинфорг», Москва, 2009.
6. Отчет об осуществлении органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных им полномочий в области лесных отношений за 2007 год. ФГУП «Рослесинфорг», 2008.
7. Определение Верховного суда Российской Федерации от 27 августа 2008 года № 33-Г08-13 на решение Ленинградского областного суда от 5 мая 2008 года по делу № 3-60/2008. (документ не опубликован).
8. Определение Верховного суда Российской Федерации от 21 мая 2008 года № 3-Г08-10 на решение Верховного суда Республики Коми от 29 февраля 2008 года № 3-15-2008. («Республика», № 130, 12.07.2008).
9. Решение Хабаровского краевого суда от 26 декабря 2007 года.

НАНОСТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ И ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *ст. научн. сотр. института экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
 В.С. ШАЛАЕВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук,*
 Т.Ф. РУДОМЕТКИНА, *ст. научн. сотр., канд. хим. наук*

gennadiy.fedotov@gmail.com

Структура почвы создается совокупностью почвенных агрегатов, в которых почвенные частицы (зерна кварца, полевых шпатов и пр.) покрыты и связаны между собой почвенными гелями, играющими роль клеящего материала. По размеру агрегатов судят о генетических особенностях как всей почвы, так и ее отдельных горизонтов. Оптимальна для развития растений структура, в которой преобладают агрегаты размером от 0,25 до 10 мм [1]. Важными свойствами структуры является ее водоустойчивость.

Нарушение природной структуры почв при распашке является типичным следстви-

ем процессов их антропогенной деградации и проявляется прежде всего в потере агрегатами свойства водоустойчивости [2–5]. Как следствие почвы уплотняются, нарушается водно-воздушный режим корневых систем растений. В бесструктурных почвах после увлажнения проявляется дефицит воздуха, сменяющийся дефицитом влаги. Внесение удобрений в почвы, лишённые структуры, неэффективно и не приводит к росту урожайности.

Восстановление структуры почвы происходит в течение длительного времени, и на этот период почвы выбывают из севооборо-

та [6]. Поэтому всегда предпринимались попытки найти клеящий материал, применение которого позволило бы восстановить структурное состояние почв [7–10]. Однако расход предлагаемых «клеев» был слишком велик, и рентабельных решений найдено не было.

На наш взгляд, неудачи при поиске «клеев» были связаны, в первую очередь, с отсутствием в тот период информации о строении нативных клеев (почвенных гелей) и непонимании причин их водоустойчивости. Трудно было ожидать, что подход с идеологических позиций закрепления грунтов [11] – внесение в почвы искусственных клеев при игнорировании нативных почвенных клеев – может привести к положительному результату.

В настоящее время установлено, что почвенные гели представляют собой армированный минеральными частицами гумусовый студень, обладающий определенной структурной организацией, изменения которой влияют на свойства почв [12, 13]. В этих условиях значительно более перспективными являются попытки, направленные не на замену нативных клеев искусственными, а на изменение структуры и свойств почвенных гелей путем внесения в почвы модификаторов (Об этом свидетельствует простой расчет. Пахотный слой 1 га почвы весит около 3000 т. Даже при низком содержании гумуса (1–1,5 %) в нем, характерном для дерново-подзолистых почв, вес гумуса пахотного слоя составляет 30–45 т. Как следствие, искусственные клеи должны вноситься в соизмеримых с содержанием гумуса в почвах количествах, что не может привести к получению экономически оправданного результата. Изменение же существующих органических структур почвенных гелей с целью увеличения их клеящей способности требует значительно меньших количеств модификаторов, не превышающих долей процентов от содержания гумуса в почвах).

Целью работы было изучение влияния модификаторов, изменяющих наноструктурную организацию почвенных гелей, на водоустойчивость почвенной структуры.

При проведении исследований использовали образцы, отобранные из гумусоаккумулятивных горизонтов дерново-подзоли-

той почвы из окрестностей поймы р. Яхромы, серой лесной почвы Владимирского ополья и Курского чернозема.

При решении подобной задачи очень важную роль играет методика определения водоустойчивости почвенной структуры. Анализ существующих способов [14] показал, что практически все они основаны на изучении водоустойчивости воздушно-сухих почвенных агрегатов, строение и свойства которых принципиально отличаются от влажных агрегатов, существующих в почвах в реальных условиях. Очевидно, что свойства набухшего и высушенного гелей сильно отличаются и возврат гелей в исходное состояние при добавлении воды происходит в течение длительного времени на порядки большего времени определения водоустойчивости [12]. Поэтому определение водоустойчивости почвенной структуры по водоустойчивости воздушно-сухих агрегатов могло быть некорректным, требовало проверки и при необходимости доработки.

За основу нами был выбран метод, предложенный П.И. Андриановым в модификации проф. Н.А. Качинского [14], в котором учитывалось количество распавшихся в стоячей воде почвенных агрегатов за определенные интервалы времени.

В решетку, состоящую из 64 отверстий диаметром 6 мм, каждое из которых снизу было поделено пополам проволокой диаметром 1 мм, помещали почвенные агрегаты размером 4,5–5 мм.

При изучении водоустойчивости или водопрочности влажных агрегатов в них перед помещением в решетку вносили по 10 мкл воды и выдерживали во влажной атмосфере в течение нескольких суток для завершения процесса набухания почвенных гелей.

При изучении влияния модификаторов на водопрочность почвенных агрегатов в них перед помещением в решетку вносили по 10 мкл воды и выдерживали во влажной атмосфере в течение суток. Затем вносили в каждый набухший агрегат по 10 мкл растворов ПАВ и оставляли еще на сутки во влажной атмосфере, предполагая, что при такой постановке эксперимента имитируются поч-

венные условия – модификаторы взаимодействия с набухшими почвенными гелями.

Для проведения исследований по определению водоустойчивости решетку с образцами помещали в емкость. Воду сначала наливали в небольшом количестве, так чтобы она не доставала до решетки, затем постепенно поднимали уровень воды так, чтобы он был приблизительно на 0,5–1 см выше агрегатов. Как только агрегаты насыщались водой, включали секундомер. Каждую минуту подсчитывали число распавшихся агрегатов. Агрегат считали распавшимся, если он полностью провалился в отверстие решетки. Время наблюдения составляло 10 мин.

Распад каждого из 64 агрегатов в воде происходит за разное время, поэтому для установления их средней водоустойчивости в расчет вводится коэффициент, который характеризует водоустойчивость агрегатов в процентах в зависимости от времени их разрушения. Для агрегатов, разрушившихся в течение 1-й минуты он равен 5 %, 2-й – 15 %, 3-й – 25 %, 4-й – 35 %, 5-й – 45 %, 6-й – 55 %, 7-й – 65 %, 8-й – 75 %, 9-й – 85 %, 10-й – 95 %. Не разрушившихся в течение 10 мин – 100 %.

Водоустойчивость структуры оценивали по показателю водоустойчивости (K), выраженному в процентах

$$K = ((a \cdot k_1) + (v \cdot k_2) + \dots + (n \cdot k_n)) / A,$$

где a, v, \dots – количество агрегатов, распавшихся в m -ю мин;

n – количество не распавшихся за 10 мин агрегатов;

k_1, k_2, \dots, k_n – поправочный коэффициент;

A – общее количество агрегатов, взятых для анализа.

Погрешность определения показателя водоустойчивости не превышала 10 относительных процентов.

Определение степени микрофазного расслоения почвенных гелей проводили, выделяя гели обработкой дистиллированной водой воздушно-сухих образцов почв [15], до и после внесения в них модификаторов. Гелевые пленки, появляющиеся на поверхности воды, помещали на атомно-гладкую поверхность слюды.

Исследование проводили при помощи растрового электронного микроскопа JEOL-

6060A (фирмы JEOL, Япония) с вольфрамовым катодом. На образцы перед исследованием напыляли платину, используя установку JFC-1600 (фирмы JEOL, Япония).

В работе использовали также сканирующий туннельный микроскоп «ФемтоСкан» (фирмы «Центр перспективных технологий», Россия).

Первые же эксперименты, проведенные методом Андрианова с предварительно увлажненными воздушно-сухими агрегатами дерново-подзолистой почвы, в которых почвенные гели набухали в течение нескольких суток, показали, что их водоустойчивость на порядок выше.

В связи с резким повышением водоустойчивости почвенных агрегатов интервал времени, через который проводили определение количества распавшихся агрегатов, увеличили в 10 раз с 1 до 10 мин, а время эксперимента – до 100 мин. Все остальные расчеты проводили согласно представленной выше формуле Качинского. Сравнительные результаты по изучению водоустойчивости агрегатов с набухшими и не набухшими гелями дерново-подзолистой почвы, чернозема и серой лесной почвы представлены в таблице (табл. 1).

Из этих данных хорошо видно, что набухание почвенных гелей очень сильно влияет на их водоустойчивость, причем водоустойчивость воздушно-сухих почв после увлажнения возрастает в разной степени, а для чернозема и дерново-подзолистой почвы на вторые сутки становится практически равной.

Резкое увеличение водоустойчивости предварительно увлажненных почвенных агрегатов по сравнению с воздушно-сухими агрегатами было достаточно неожиданно, особенно с учетом их значительно меньшей механической прочности. В то же время предварительно увлажненные почвенные агрегаты обладали определенной эластичностью. Все это подтверждало, что водоустойчивость почвенной структуры обусловлена водоустойчивостью почвенных гелей, которые связывают почвенные частицы. Фактически влажный набухший агрегат представляет собой комок геля, армированного минеральными частица-

Т а б л и ц а 1

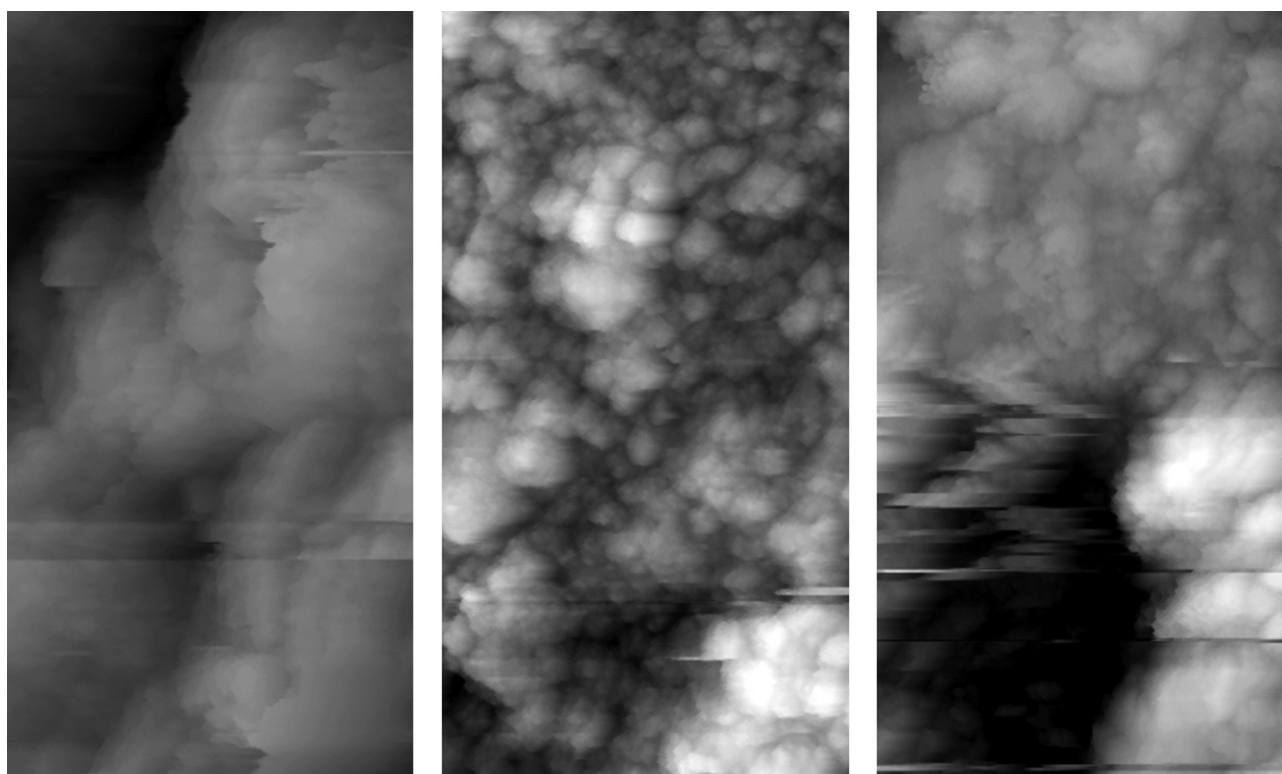
Данные по водоустойчивости воздушно-сухих и набухших почвенных агрегатов

Тип почвы	Время набухания гелей почвенных агрегатов, сутки	Водоустойчивость, %
Дерново-подзолистая	0	6
	1	60
	2	78
Чернозем	0	35
	2	78
Серая лесная	0	51
	2	87

Т а б л и ц а 2

Данные по водопрочности почвенных агрегатов

Тип почвы	Время набухания гелей почвенных агрегатов, сутки	Водоустойчивость, %
Дерново-подзолистая	2	50
Чернозем	2	90
Серая лесная	1	88
	2	99



————— 500 нм

Дерново-подзолистая почва

Серая лесная почва

Чернозем

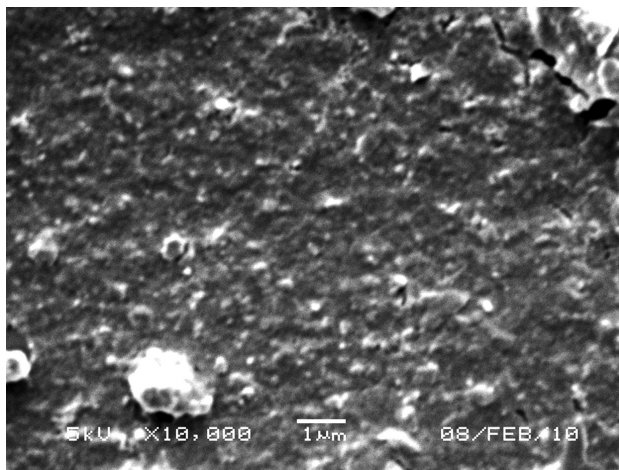
Рис. 1. Изображения топографии поверхности гелей, выделенных из дерново-подзолистой почвы, серой лесной почвы и чернозема, полученные на туннельном микроскопе

ми различных размеров, контактирующими друг с другом через набухший гель.

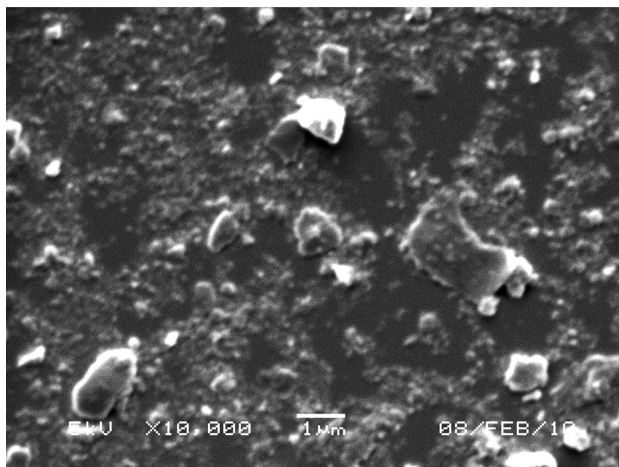
Основываясь на структурной организации почвенных гелей, можно сказать, что причиной водоустойчивости является суп-

раполимерная гумусовая матрица, которая объединяет и связывает частицы минералов, входящих в состав почвенных агрегатов.

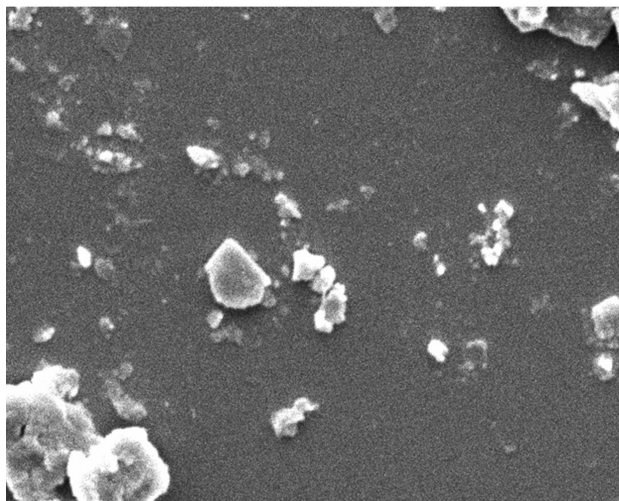
Обращает на себя внимание, что после набухания водоустойчивости агрегатов



а)



б)



в)

Рис. 2. Электронно-микроскопические фотографии почвенных гелей при концентрации в дерново-подзолистой почве модификаторов, соответствующих 10–15 кг/га: а. Span 20; б. Span 80; в. исходная почва без добавок. Увеличение $\times 10000$

дерново-подзолистой почвы и чернозема начинают совпадать и составляют 78 %. Однако из практики мы знаем, что у чернозема структура значительно более водоустойчива.

По-видимому, различие водоустойчивости почвенных структур чернозема и дерново-подзолистой почвы в реальных условиях связано с тем, что на агрегаты действует не только вода, но и вес вышележащей почвы. Поэтому имеет смысл разделять понятия водостойкости и водопрочности почвенных агрегатов.

Водостойкость – устойчивость агрегатов в воде без действия на них механической нагрузки. В этих условиях связи в супраполимерной гумусовой матрице почвенных гелей разрушаются под действием воды и собственного веса агрегатов. Это величина, которую мы определяли методом Андрианова.

Водопрочность – устойчивость агрегатов в воде при механическом воздействии на них. При этом на супраполимерную гумусовую матрицу действует уже не только вода, но и механические силы. Полученные данные свидетельствуют, что эти величины должны отличаться друг от друга, но устойчивость почвенной структуры к воздействию воды в природных условиях должна характеризовать именно водопрочность. И эту характеристику необходимо определять и улучшать, используя различные модификаторы.

Вполне очевидно, что при наличии слабого воздействия, оказывающего незначительное влияние на разрушение супраполимерной гумусовой матрицы почвенных гелей различных почв, мы не сможем отличать почвы по воздействию на них воды. При использовании очень сильного воздействия, приводящего к быстрому разрушению супраполимерных гумусовых матриц всех испытуемых почв, мы также не сможем отличать почвы по водопрочности. Поэтому при поиске модификаторов, позволяющих повысить водопрочность дерново-подзолистой почвы до водопрочности чернозема, необходимо использовать воздействие, разрушающее агрегаты дерново-подзолистой почвы, но не оказывающее значимого влияния на агрегаты чернозема.

Влияние расхода различных ПАВ на водоустойчивость почвенных агрегатов дерново-подзолистой почвы, %

ПАВ	Расход, кг/га *													
	0	1,5	3,0	3,8	6	7,5	12	15	24	30	50	60	120	240
Pluronic F 108	50	–	–	–	–	67	–	89	–	78	–	70	63	71
Олеат Na	50	–	–	63	–	85	–	72	–	80	–	66	65	66
Tween 20	50	–	–	–	–	64	–	53	–	60	–	46	52	90
Tween 80	50	–	–	–	–	69	–	66	–	54	–	62	75	97
Tween 60	50	78	81	–	73	–	76	–	81	–	64	–	62	65
Span 20	50	–	63	–	68	–	69	81	–	80	–	83	–	–
Span 80	50	56	–	60	72	–	86	77	–	–	–	–	–	–
Pluronic L 101	50	–	69	–	81	–	58	–	64	–	–	–	–	–

* Пересчет с концентрации модификатора, выраженной в мг/мл, на расход в т/га проводили, основываясь на весе изучаемых агрегатов, концентрации применяемых растворов, плотности почвы 1,2 т/м³ и пахотного слоя, водоустойчивость структуры которого обеспечивали глубиной 25 см

В качестве такого воздействия нами был выбран ультразвук, и водопрочность стали определять по методу, аналогичному методу Андрианова, проводя определение в течение 10 мин при воздействии на почвенные агрегаты ультразвука, используя в качестве емкости, в которую помещалась решетка с агрегатами, УЗ-ванну UM-1 (Unitra-Unima, Olsztyn, Польша).

Из полученных результатов (табл. 2) следует, что водопрочность дерново-подзолистой почвы, определенная при воздействии ультразвука, достаточно сильно отличается от водопрочности чернозема, и это позволяет изучать влияние модификаторов.

Представленные данные (табл. 1, 2) свидетельствуют, что водоустойчивость и водопрочность оказались заметно выше у образцов, отобранных из серой лесной почвы, что было довольно неожиданно.

Для выяснения причин этого явления было проведено исследование структуры почвенных гелей при помощи туннельного микроскопа. Полученные результаты (рис. 1) свидетельствуют, что сильнее всего расслоены именно гели, выделенные из серой лесной почвы. Это позволило предположить, что водоустойчивость и водопрочность почвенной структуры возрастают при увеличении степени микрофазного расслоения в почвенных гелях.

При изучении влияния различных модификаторов на микрофазное расслоение в почвенных гелях при помощи электронного и

туннельного микроскопов было обнаружено, что некоторые ПАВ вызывают сильное микрофазное расслоение. На микрофотографиях в качестве примера приведены результаты, полученные при введении в дерново-подзолистую почву Span 20 и Span 80 в сравнении с гелями, выделенными из исходной почвы (рис. 2). Хорошо видно, что введение незначительных количеств ПАВ (соответствующее 10–15 кг/га – 10–15 кг на 3000 т почвы) приводит к резкому усилению микрофазного расслоения в почвенных гелях. Поэтому было решено изучить влияние ПАВ на водоустойчивость почвенной структуры дерново-подзолистой почвы.

Полученные данные свидетельствуют (табл. 3), что водопрочность почвенных агрегатов, близкая к водопрочности чернозема, возникает для некоторых ПАВ при дозах внесения уже 10–30 кг/га, что в 20–30 раз меньше, чем при использовании самых лучших из разработанных искусственных почвенных клеев.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии влияния наноструктурной организации почвенных гелей на водоустойчивость почвенной структуры, а также предварительный вывод о перспективности использования некоторых ПАВ для повышения водопрочности структуры почв. Однако окончательное решение по этому вопросу можно принять только после проведения полевых испытаний, в которых будут контролироваться

ся не только состояние почвенной структуры в течение всего полевого сезона после внесения модификаторов, но и рост на этих почвах растений.

Библиографический список

1. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.
2. Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж: Изд. ВГУ, 2000. – 412 с.
3. Безуглова, О.С. Гумусное состояние почв юга России / О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Изд. СКН-ЦВШ, 2001. – 228 с.
4. Русский чернозем 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983. – 177 с.
5. Щеглов, Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
6. Вильямс, В.Р. Почвоведение / В.Р. Вильямс. – М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. – 648 с.
7. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее формирования / П.В. Вершинин. – М.: Издательство академии наук СССР, 1958.
8. Ревут, И.Б. Химические способы воздействия на испарение и эрозию почвы / И.Б. Ревут, Г.Л. Масленикова, И.А. Романов. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 152 с.
9. Джанпеисов, Р.Д. Исследование по применению полимерных соединений в борьбе с эрозией почв / Р.Д. Джанпеисов, Н.С. Попова, Б.В. Суворов и др. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 90 с.
10. Кузин, Е.Н. Использование полиакриламидного полимера В-415К в земледелии / Е.Н. Кузин, Т.А. Власова, А.Ю. Кузнецов и др. – Пенза: ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА», 2004. – 197 с.
11. Гончарова, Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов / Л.В. Гончарова. – М.: Изд. МГУ, 1973. – 376 с.
12. Федотов, Г.Н. Коллоидные структуры и их влияние на некоторые физические свойства почв / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, В.И. Путляев и др. // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 824–835.
13. Федотов, Г.Н. Микрофазное расслоение супраполимерной гумусовой матрицы как процесс, формирующий наноструктурную организацию почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, С.А. Шоба // Доклады Академии наук РФ. – 2011. – Т. 437. – С. 846–848.
14. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Высшая школа, 1973. – 400 с.
15. Федотов, Г.Н. Уточнение представлений о строении почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев и др. // Доклады Академии наук РФ. – 2006. – Т. 411. – № 2. – С. 203–205.

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАШИН

М.А. БЫКОВСКИЙ, доц. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ, канд. техн. наук,

А.К. РЕДЬКИН, проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ, д-р техн. наук

bykovskiy@mgul.ac.ru; redkin@mgul.ac.ru

С развитием лесозаготовительной техники, как в России, так и за рубежом, основную ставку промышленники и производители делают на многофункциональную технику. Данный подход оправдан. Использование такой техники повышает производительность систем машин и снижает себестоимость продукции.

На лесозаготовительных предприятиях наряду с основными операциями наиболее значительны по трудоемкости подготовительно-вспомогательные работы, особенно переместительные и погрузочно-разгрузочные. Они нередко носят случайный характер, их трудно заранее планировать, а выполнение требует оперативности. Применять для этого специализированные высокопроизводительные машины неэффективно из-за низкой загрузки

по времени. К числу таких нерегулярных работ относятся доставка древесины местным потребителям, уборка мусора и отходов лесозаготовок, создание запасов древесины вне основных складских площадок, погрузка и вывозка древесины при рубках ухода, освоение мелких лесосек и выделов, а также другие хозяйственные работы, для выполнения которых выгодней направлять системы специализированных лесосечных машин. Из-за воздействия многочисленных случайных причин ежедневные объемы основных операций не остаются постоянными. Все это приводит к необходимости иметь на лесозаготовительных предприятиях резервные машины, которые нельзя использовать с постоянной нагрузкой. Ярким представителем таких специализированных машин является погрузочно-транспорт-

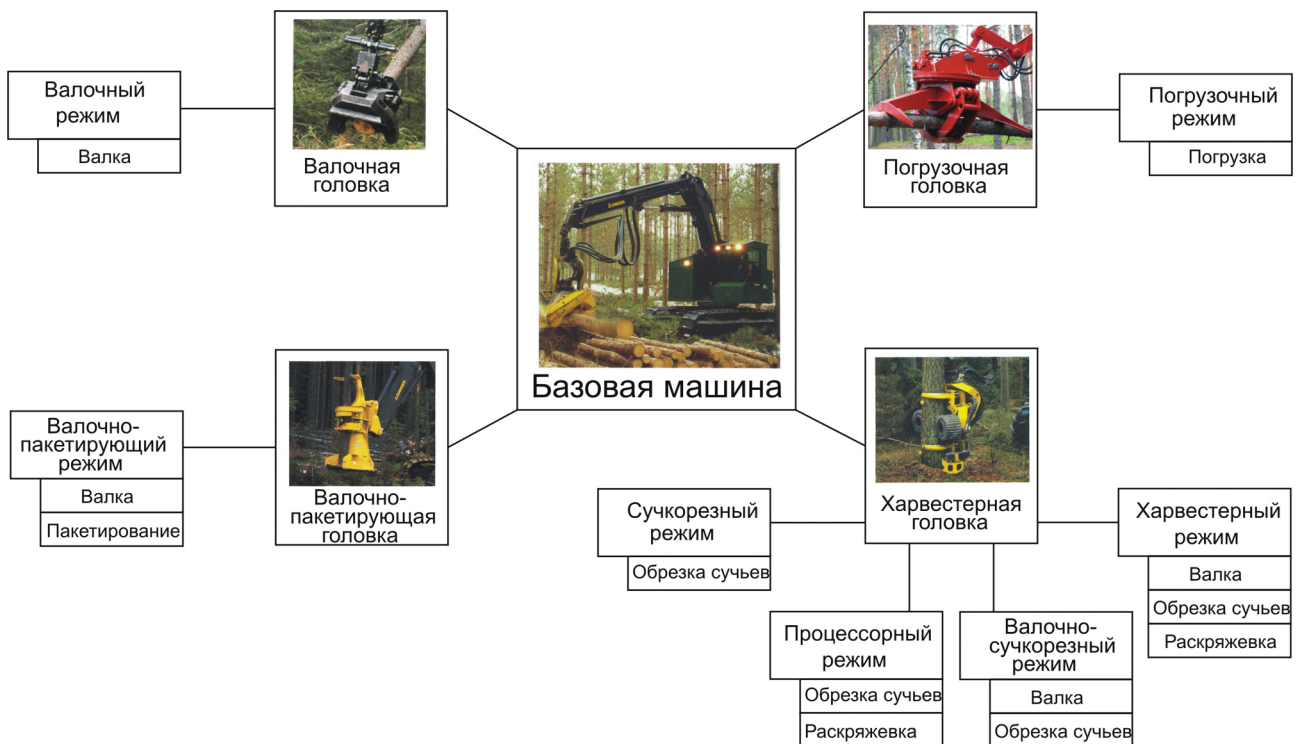


Рисунок. Варианты режимов работы многофункциональных машин на примере гусеничной машины

тный агрегат ЛТ–168, предназначенный для сбора и транспортировки лесосечных отходов. Такие же проблемы и при работах на нижних лесопромышленных складах предприятий, где зачастую вынуждены содержать, наряду с основными кранами, автокраны, используемые в технологическом процессе склада, а также лесовозы и транспортные механизмы, которые применяют при подвозке сырья к цехам и создании необходимых запасов [1]. Решение этой проблемы нередко заключалось во введении в технологический процесс новых специализированных машин. Однако подобные решения нерациональны.

Многочисленные исследования, проведенные во многих научных центрах лесной промышленности, указывали на данную проблему, но при этом изучались только конкретные виды работ, а полное систематизирование и попытка решения общего комплекса не производились. Решить проблему можно введением в основной технологический процесс многофункциональных машин, которые позволят повысить производительность и загрузку оборудования.

К многофункциональным машинам следует отнести весь спектр технологических машин, способных в короткое время менять режим работы без резкого снижения производительности. Такой эффект достигается при использовании специализированных машин как энергетических модулей с большим спектром технологического оборудования. В настоящее время принято считать, что большинство машин, участвующих в технологических процессах, много- или однооперационные, но такой подход к классификации машин не отражает весь спектр возможного применения [2]. На рисунке показано, какой набор операций может производить машина в зависимости от применяемого технологического оборудования и режима работы, что более точно отражает все варианты использования машин.

Рассмотрев все предлагаемые режимы, представленные на рисунке, видим, что многофункциональность напрямую зависит от вида применяемого технологического оборудования. Применение валочной или погру-

зочной головки ограничивает и применение самой машины: она может функционировать только в одном режиме и имеет только одну операцию, следовательно, данная машина может быть отнесена лишь к узкоспециализированным или однооперационным. В третьем варианте, где применяется валочно-пакетирующая головка, функционирование не ограничено только одним режимом работы, а выполняются две операции, следовательно, такая машина является многооперационной, но не отвечающей требованиям многофункциональности, так как быстрая смена режима работы без смены технологического оборудования невозможна. А применение харвестерной головки, как показано в четвертом варианте, имеет большой набор режимов функционирования машины и соответственно выполняемых операций, причем смена режима работы может происходить достаточно быстро и ограничиваться только производственным заданием или природно-производственными факторами.

Но многофункциональность машин не ограничивается только видами применяемого технологического оборудования. Ведущие зарубежные производители лесной техники разработали комбинированные лесозаготовительные машины, которые в комплексе сочетают большое количество возможных режимов работы. К таким относятся «харвардеры», «чипперы» и ряд других. Применение такого вида многофункциональных машин достаточно ограничено, и на настоящий момент исследования применения такой техники в России не проводились.

На кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ ведутся исследования по данной тематике в рамках государственного заказа тематического плана Минобрнауки РФ.

Библиографический список

1. Редькин, А.К. Лесозаготовкам – многофункциональные машины / А.К. Редькин // Лесная промышленность. – 1979. – № 2. – С. 12–13.
2. Макаренко, А.В. Многооперационные машины для лесозаготовок и лесохозяйственного производства: учебник / А.В. Макаренко, М.А. Быковский. – М.: Изд-во «Вектор ТиС», 2009. – 400 с.

ЭКОЛОГИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

В.А. АЗАРЕНОК, проф. УГЛТУ, канд. техн. наук,
С.В. ЗАЛЕСОВ, проф. каф. лесоводства УГЛТУ, д-р с.-х. наук

rector@usfeu.ru; prec-nir@usfeu.ru

Исследования биопродуктивности лесных экосистем являются и будут важнейшими до тех пор, пока требуются решения по таким проблемам, как глобальные изменения экосистем, устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия.

Интеграция РФ во всемирную торговую организацию предполагает сертификацию лесов и технологических процессов лесопользования. Существующая практика лесопользования не соответствует общепринятым в европейском сообществе критериям устойчивого лесопользования, в том числе по общепризнанным международным системам сертификации – Совета по управлению лесами (FSC) и Европейской лесной сертификации (PEFC), что снижает конкурентоспособность лесной продукции российского происхождения на европейских рынках. Кроме того, не обеспечивается ведение лесного хозяйства на уровне возрастающего значения не только сырьевой, но и средообразующей функции лесов. Поэтому необходимы исследования технологических процессов лесозаготовок на базе различных систем машин с целью решения вопроса их соответствия определенным природопроизводственным условиям. Исследование влияния различных технологий рубок и их параметров на компоненты леса с учетом типов леса, степени техногенной и антропогенной нагрузки и выполняемых насаждением функций позволит реализовать принципы устойчивого управления лесами в регионе. Результаты исследований позволят выработать методику выбора технологических параметров рубок, наилучшим образом соответствующих лесорастительным условиям конкретных насаждений.

В настоящее время применяются преимущественно сплошнелесосечные рубки, доля которых составляет 85–90 % от общего объема лесозаготовок. Во многих случаях они не соответствуют структуре лесного

фонда и не обеспечивают возобновительный потенциал насаждений. Применяющиеся машины, механизмы и технологии лесозаготовок сопровождаются трансформацией лесной среды, ухудшающей лесорастительные условия и затрудняющей своевременное и высококачественное восстановление лесов на вырубках.

В нашем исследовании принята ориентация на мировую тенденцию и концепцию устойчивого управления лесными ресурсами, в соответствии с которой ресурсно-сырьевая и биосферно-стабилизирующая парадигмы не противопоставляются одна другой, а рассматриваются в едином комплексе.

В настоящее время наметилась четкая тенденция перехода от хлыстовой к сортиментной технологии лесосечных работ. Последнее вызывает необходимость анализа существующих и разработку новых сортиментных технологий, адаптированных к региональным природным условиям.

Как известно, основными машинами, применяемыми при сортиментной лесозаготовке, являются харвестер (валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов) и форвардер (трелевка, погрузка и вывозка сортиментов из леса), поэтому именно эти машины будут учитываться при выполнении анализа.

К неоспоримым преимуществам сортиментных технологий прежде всего следует отнести резкое улучшение условий труда рабочих при выполнении лесосечных работ. Внедрение лесозаготовительных комплексов на базе харвестеров и форвардеров повышает культуру производства, снижает опасность получения профессиональных заболеваний, вызывает у молодежи живой интерес к престижной и высокооплачиваемой профессии оператора лесозаготовительных машин. Достоинством сортиментных технологий является также значительное повышение произ-

водительности труда на лесосечных работах и исключение ручного труда на валке деревьев, обрубке сучьев и раскряжевке хлыстов при использовании харвестера. Опыт зарубежных стран свидетельствует, что сортиментные технологии перспективны не только при заготовке древесины в спелых и перестойных древостоях, но и при проведении рубок ухода, санитарных и других рубок.

Вместе с тем есть нерешенные вопросы применительно к российским лесоводственным требованиям. В частности, в абсолютном большинстве зарубежных стран ставится вопрос не о сохранении подроста предварительной генерации в процессе проведения лесосечных работ, а о последующем лесовосстановлении на вырубке. Основным способом лесовосстановления является искусственный, т.е. создание лесных культур, а оставление обсеменителей и другие меры содействия естественному возобновлению, включая сохранение подроста, являются лишь вспомогательными. В России же, напротив, сохранение подроста предварительной генерации является обязательным лесоводственным требованием, и его несоблюдение лесозаготовителем влечет штрафные санкции, вне зависимости от того, планируются ли арендатором на данной площади лесные культуры. Особо следует отметить, что при объеме заготавливаемой древесины более 150 м³/га и равномерном размещении подроста предварительной генерации по площади вырубки добиться сохранения последнего в количестве, предусмотренном нормативными документами, при сортиментных технологиях заготовки древесины очень сложно.

Все многообразие технологий лесосечных работ с использованием многооперационных машин можно условно разделить на следующие варианты или схемы.

Вариант 1. Разработка лесосек с использованием бензомоторных пил на валке и раскряжевке деревьев с подвозкой сортиментов форвардером.

Выполненные нами исследования показали, что разработка лесосек по варианту 1 может быть применена во всех лесорастительных условиях и при проведении как

сплошнолесосечных, так и выборочных рубок (постепенных и выборочных), поскольку по сути она является вариантом традиционной (хлыстовой) технологии проведения лесосечных работ.

Вариант 2. Разработка лесосек методом узких пасек с подкладочным деревом.

Данный способ разработки лесосек наиболее приемлем в сырых и мокрых лесорастительных условиях, поскольку концентрация порубочных остатков на волоке обеспечивает не только высокую проходимость лесозаготовительной техники даже в дождливую погоду в летний период, но и создает условия для последующего лесовосстановления на вырубке.

Вариант 3. Разработка лесосек методом средних пасек и с использованием на валке и раскряжевке бензиномоторной пилы, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Этот способ наиболее приемлем в сырых и мокрых лесорастительных условиях, а также при проведении лесосечных работ при глубоком снежном покрове, поскольку позволяет значительно повысить несущую способность грунтов за счет укрепления волока порубочными остатками. Предлагаемая технология может быть рекомендована как при сплошнолесосечных, так и выборочных рубках, поскольку позволяет обеспечить сохранение подроста предварительной генерации в количестве, предусмотренном лесоводственными требованиями.

Вариант 4. Технология разработки лесосеки с размещением волока по границе пасеки и использованием на валке и раскряжевке харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Технология лесосечных работ применима только при проведении сплошнолесосечных рубок с ориентацией на последующее естественное или искусственное лесовосстановление. Данная технология лесосечных работ может быть рекомендована в насаждениях брусничной, ягодниковой и разнотравно-липняковой групп типов леса.

Вариант 5. Технология разработки лесосеки с размещением волока посередине пасеки и использованием на валке и раскря-

жевке харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Технология разработки лесосек может быть рекомендована при проведении сплошнолесосечных рубок на лесосеках с наличием подроста предварительной генерации. Модификации варианта 5 обеспечивают разработку лесосек как с групповым, так и равномерным размещением подроста.

Вариант 6. Технология разработки лесосеки без разубки прямолинейных коридоров с использованием на валке и раскряжевке харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Непрямолинейные волокна, вследствие огибания харвестером куртин подроста, одиночных деревьев молодняка хозяйственно ценных пород и других объектов, увеличивают их сохранность и позволяют избегать значительного возрастания ветровых нагрузок в сформированном насаждении. Вариант технологии может быть рекомендован для реализации в елово-пихтовых древостоях.

Вариант 7. Технология разработки лесосеки с заездом харвестера на полупасеки.

Технология проведения лесосечных работ может быть рекомендована при достаточно высокой несущей способности грунтов (насаждения лишайниковой, брусничной, ягодниковой и разнотравно-липняковой групп типов леса).

Вариант 8. Технология разработки лесосеки со вспомогательным технологическим коридором и применением на валке и раскряжевке деревьев харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Может быть рекомендован и на лесосеках сплошной рубки с подростом предварительной генерации. Отличительной особенностью описываемой технологии является комбинированный способ очистки мест рубок.

Вариант 9. Технология разработки лесосеки с двумя вспомогательными коридорами и применением на валке и раскряжевке харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Рассматриваемая технология разработки лесосек обеспечивает возможность

проведения выборочных рубок спелых и перестойных насаждений, не прибегая к комбинированным технологиям и ручной валке деревьев. Вариант применим практически во всех лесорастительных условиях за исключением насаждений сфагновой группы типов леса.

Вариант 10. Технология разработки лесосеки при работе харвестера в трех режимах и форвардера на подвозке сортиментов.

Описанная технология работы является предпочтительной на грунтах с недостаточной несущей способностью.

Вариант 11. Комбинированная технология разработки лесосеки с использованием на валке деревьев бензомоторных пил и харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера.

Разработка лесосек позволяет обеспечить проведение выборочных (постепенных) рубок, а также сохранение подроста предварительной генерации при сплошнолесосечных рубках.

Предложенные нами технологии частично прошли апробацию при проведении равномерно-постепенной рубки и рубки перестойных деревьев как варианта длительно-постепенной рубки на 10 лесосеках общей площадью 385 га.

Рубки выполнены также в ЗАО «Фанком» на территории Алапаевского лесничества Свердловской области. Используются комплексы машин харвестера и форвардера. Рубке подверглись производные березовые насаждения. Древостои березы в основном смешанного (семенного и вегетативного) происхождения, т.е. структура их разновозрастная, что позволило применить указанные способы рубок. Метод отбора деревьев в рубку верховой. В составе древостоев значительную долю на отдельных участках занимают сосна, ель и осина. Класс возраста березового элемента леса десятый.

Обобщенно опыт выполнения ЗАО «Фанком» несплошных рубок с применением рекомендованных нами сортиментных технологий показал, что экологическая среда на пасеках сохранена в естественном виде. Имеется незначительная доля поврежден-

ных деревьев, оставшихся на доращивание и отмечены отдельные экземпляры подроста, которые или получили повреждение, или погибли. На слабопрочных почвах от машин образуются колеи, что, безусловно, является негативным фактором как из-за образования очагов эрозии и накопления в них воды, так и перерезания корневых систем остающихся древостоев. Этот негативный фактор не следует допускать, применяя соответствующие трелевочные машины (с гусеничными двигателями).

Что касается доли технологической части на лесосеках, что важно с позиции сохранения экологической среды, то она укладывается в действующие нормативы.

Выводы

1. Экологизация лесосечных работ на современном этапе в значительной степени может быть обеспечена внедрением сортиментной технологии лесозаготовок на базе харвестера и форвардера.

2. Специфика природных условий и лесного фонда УрФО вызывает необходи-

мость адаптации сортиментной технологии на базе харвестера и форвардера к региональным условиям.

3. Предлагаемые варианты (схемы) разработки лесосек адаптированы к условиям лесных формаций и типов леса УрФО, что позволяет минимизировать нарушение природной среды в процессе проведения лесосечных работ и обеспечить соблюдение лесоводственных требований.

4. Реализация разработанных рекомендаций на территории УрФО позволит не только минимизировать экологический ущерб, наносимый природной среде в процессе выполнения лесосечных работ, но обеспечит снижение себестоимости заготовки обезличенного кубометра древесины на 100–150 руб.

5. Внедрение сортиментной технологии лесосечных работ по предлагаемым вариантам позволит, в конечном счете, сократить общие затраты на производство, повысить производительность труда на лесосечных работах, улучшить финансовое положение предприятий и конкурентоспособность их продукции.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ НА БИОТОПЛИВЕ

Ю.А. ШАМАРИН, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук,
В.И. ПАНФЕРОВ, доц. каф. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ, канд. техн. наук,
К.В. СЕЛИВАНОВ, асп. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ,
В.М. КОРНЕЕВ, доц. МГУЛ, канд. техн. наук

selivanov@mgul.ac.ru; panferov@mgul.ac.ru

Практическое использование биотоплива – очень спорный, сложный и неоднозначный вопрос. Биотопливо принято воспринимать как средство избавления от многих проблем. Такую репутацию оно получило из-за недостаточного внимания, уделяемого сложным процессам производства биотоплива, и сырью, из которого оно производится, а также большим трудностям, которые возникают при его использовании [1].

К сожалению, мало внимания уделяется тому, что различные виды биотоплива явля-

ются совершенно разными с точки зрения их воздействия на машины, двигатель, топливную аппаратуру, и далеко не все удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним при работе в условиях лесного комплекса. На самом деле, уже сейчас становится ясно, что повсеместное нерегулируемое использование биотоплива на лесозаготовках приведет к многочисленным выходам из строя двигателей дизелей и огромному объему расходов на ремонт.

Недостаток конструкций, способов диагностирования и возможностей регули-

рования при использовании различных видов биотоплива станет причиной того, что наряду с сокращением выбросов углекислого газа, некоторые из них могут привести к загрязнению окружающей среды другими, не менее опасными веществами, стандартов на которые пока нет. Как следствие не представляется возможным провести полную всеобъемлющую диагностику всех видов вредных выбросов при использовании биотоплива. На фоне уже устоявшегося в современном мире деления топлива на бензин и дизельное совершенно непонятным остается позиционирование биотоплива. Биотопливом называют в наши времена любое топливо, произведенное из материалов растительного или животного происхождения.

Каждое семейство биотоплива производится с применением отличных друг от друга технологий. Несмотря на давно и активно ведущуюся работу в этом направлении, до сих пор не существует стандартов как на сами различные сорта биотоплива, так и на используемое сырье, производственные и технологические процессы и нормы экологичности. На практике это может означать, что разные производители биодизельного топлива будут продавать под одним и тем же названием топливо с довольно сильно различающимися физическими и химическими характеристиками, не говоря уже о содержащихся в этих продуктах потенциально опасных веществах. К тому же еще недостаточно изучено его влияние на механику двигателей, будь то биотопливо в смеси с обычным или, в особенности, чистое биотопливо, каким бы оно ни было.

Биотопливо само по себе может являться сильным растворителем и постепенно забивать форсунки растворенными в нем веществами. Сорта биотоплива, основанные на этаноле, могут быть гигроскопичными, а растворяющаяся в них влага поражать коррозией детали двигателя. Компоненты такого топлива могут также оказывать негативное воздействие на прокладки и уплотнители двигателя, а также системы подачи топлива, изготовленные из органических материалов. Говоря просто и кратко, налицо явная несов-

местимость материалов современных дизельных двигателей с биотопливом, когда оно используется в высоких концентрациях.

Биодизели, и топливо для них, представляют собой основную проблему и главный повод для беспокойства. Опять же, европейский стандарт EN590 на дизельное топливо допускает присутствие в нем до 5 % биодобавок. Однако в отличие от этанола, который добавляется в бензин, в дизельном топливе могут быть различные добавки. В любом случае, при превышении допустимых 5 % начинаются проблемы с двигателем [2, 3].

Чаще всего в качестве сырья для биодизельного топлива используется семя рапса, выращиваемого в Европе, пальмовое масло из Индонезии и Малайзии или соя, на которую в основном полагаются в США. Химический состав масел, получаемых из различных видов сырья, будет разным. При недостаточной степени рафинирования масла из разного сырья будут содержать разные побочные продукты в разном количестве. Все они могут оказывать негативное воздействие на производительность и надежность работы дизеля и сверх того приводить к ухудшению качества топлива с течением времени под воздействием тепла и света.

От такой же проблемы могут страдать и автозаправочные станции, особенно в условиях лесозаготовок. На станции, расположенной на трассе и продающей биотопливо в большом количестве, его качество может оставаться вполне постоянным. Однако в других местах биотопливо, подолгу находящееся в подземных резервуарах, может портиться. Если состав топлива непостоянен и меняется со временем, то работать с ним будет практически невозможно. Любая задача по обеспечению работы двигателя с топливом превратится в непосильную, так как нельзя будет обеспечить должную степень химической нейтральности материалов, если состав топлива постоянно изменяется. Наладить двигатель под оптимальный расход топлива с постоянно меняющимися характеристиками сгорания также будет невозможно. Двигатели будут постоянно ржаветь и получать другие химические повреждения, система

Проблемы, создаваемые использованием биотоплива при диагностировании

Причина	Проблема	Метод диагностирования и выявления
Устаревшие нормы экологичности выбросов	Вредные выбросы ненормированных веществ	Полная всеобъемлющая диагностика вредных выбросов, спектрографический метод, газоаналитический метод
Отсутствие стандартов биотоплива, разность технологий изготовления биотоплива	Нарушение работы дизеля, отказ. Нарушение циклов подачи топлива, неисправность форсунок	Виброакустический метод диагностирования, гидравлический метод
Биотопливо по свойствам может являться растворителем	Засорение форсунок двигателя, отказ ТА, повышенное образование сажи, неполное сгорание	Спектрографический метод, газоаналитический метод
Превышение в биодизеле добавок более чем на 5 %	Нарушение циклов подачи топлива, образование сажи, неполное сгорание	Виброакустический метод диагностирования, гидравлический метод. Газоаналитический метод
Недостаточная степень рафинации масла для биодизеля	Ненадежность работы дизеля. Ухудшение топлива с течением времени	Спектрографический метод, кинематический метод
Гигроскопичность биотоплива	Возникновение ржавчины на деталях дизеля	Переборка
Состав топлива постоянно изменяется	Невозможность наладки стабильной работы дизеля	Нет решения
Реакция биотоплива при контакте с моторным маслом	Образование полимеров в камере сгорания	Газоаналитический метод
Уменьшение температуры сгорания, увеличение плотности биотоплива	Несовместимость двигателя с определенным видом биотоплива	Составление технической документации, введение норм и требований

подачи топлива будет забиваться продуктами разложения компонентов самого топлива, а автопроизводители будут вынуждены либо ограничивать предлагаемые гарантии на двигатели, либо разориться на их отработке [4].

Эксперименты с использованием в качестве дизельного топлива растительного масла, переработанного после использования для приготовления пищи, дали весьма беспокоящие результаты. Смешивание несгоревшего топлива с моторными маслами в двигателе само по себе является проблемой обычных автомобилей с дизельными двигателями. Однако использование в качестве топлива растительных масел, не прошедших преестерификации, и без улучшающих сгорание добавок приводит к тому, что эти масла начинают реагировать со смазочными, образуя полимеры, свойства которых никак не способствуют нормальной работе двигателей.

Сейчас ни один из автопроизводителей не обладает достаточным количеством

средств и техническими возможностями для проверки своих двигателей на совместимость с современными сортами биотоплива во всем их разнообразии. Для них также существует риск затратить большие деньги и длительное время на разработку двигателя под топливо, которое просуществует лишь десяток лет или около того, а затем будет вытеснено топливом «второго поколения».

Топливо «второго поколения» планируется создавать уже не из целевых культур и специально выращенного сырья. Его будут производить из отходов – пищевых, лесного комплекса, других органических отходов.

В наши дни некоторые производители дают гарантию на использование своих двигателей с топливом В100 (полностью биологическое), однако со многими оговорками касательно стандартов топлива, интервалов техобслуживания и режима эксплуатации [4].

Высокое содержание биодобавок в топливе коренным образом меняет динамику

его сгорания. Биодизельное топливо обладает большей плотностью и содержит более тяжелые углеводороды, часть которых может не сгорать. Хотя разные двигатели ведут себя по-разному, в целом эти компоненты снижают температуру горения, в результате чего мы обнаруживаем меньшее количество окислов азота в выхлопах. В то же время они могут постепенно откладываться на внутренних поверхностях камер сгорания и существенно повышать количество частиц в отработанных газах. Динамика этих процессов может довольно сильно отличаться при использовании разных сортов биотоплива. Вот почему практически невозможно отрегулировать двигатель таким образом, чтобы он одинаково хорошо работал на любом из них.

Общие проблемы, создаваемые использованием биодизеля, приведены в таблице.

Мы пытаемся расширить границы понимания последствий при использовании новых видов топлива в современных дизелях. До сих пор не хватает информации для выводов о влиянии биотоплива на сроки службы

и надежность двигателей. Исследователям еще предстоит «выловить» те компоненты и свойства биотоплива, от которых зависит сокращение срока службы – только тогда можно будет создать модели процессов взаимодействия топлива и материалов двигателей, которые могли бы дать ответы на возникающие вопросы.

Библиографический список

1. Кольниченко, Г.И. Биомасса и биотопливо в энергетическом обеспечении отраслей экономики страны / Г.И. Кольниченко, В.И. Панферов, А.В. Сиротов и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 1(70). – С. 105–108.
2. Митусова, Т.Н. Перспективы использования биодизельного топлива / Т.Н. Митусова, М.В. Калинина // Мир нефтепродуктов. – 2005. – № 5. – С. 20–23.
3. Девянин, С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 340 с.
4. Федоренко, В.Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов и др. – М.: ФГНУ «Росинформрагротех», 2006. – 19 с.

ЭЛЕКТРОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Ю.А. ШАМАРИН, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук,
В.И. ПАНФЕРОВ, доц. каф. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ, канд. техн. наук,
К.В. СЕЛИВАНОВ, асп. асп. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ,
В.М. КОРНЕЕВ, доц. МГУЛ, канд. техн. наук

Надежность узлов и компонентов, устанавливаемых на современных дизелях лесных машин, настолько высока, что при своевременной замене изношенных и вышедших из строя в результате старения материалов деталей вероятность внезапного их отказа крайне мала. Отказы редко происходят спонтанно и обычно являются следствием иногда продолжительного развития дефекта. Те же компоненты, которые могут выйти из строя неожиданно, обычно не являются жизненно важными для функционирования основных узлов и систем машины либо легко заменяются в дорожных условиях. Своевременная

selivanov@mgul.ac.ru; panferov@mgul.ac.ru

диагностика дизельных двигателей позволяет намного упростить и удешевить ремонт агрегатов, а зачастую и избежать его, применяя технологии безразборного ремонта, качественную смазку и топливо [1, 7].

Основополагающим шагом при выявлении причин любого отказа является выбор точки начала поисков. Часто причина оказывается лежащей на поверхности, однако в некоторых случаях приходится потрудиться, проводя небольшое исследование. В большинстве случаев производится полдюжины случайных проверок, замен и исправлений. Это может привести к случайному обнару-

жению причины отказа (или его симптома), однако такой подход никак нельзя назвать разумным ввиду его трудоемкости и бесцельности затрат времени и средств. Гораздо эффективнее оказывается спокойный логический подход к поиску вышедшего из строя узла или компонента.

Чаще всего оператор машины обращается с неисправностью, касающейся неудовлетворительной работы дизеля, вызванной плохим техническим состоянием (упала компрессия, потеря герметичности цилиндров), неисправности в электрических цепях (датчиках, исполнительных механизмах) или неправильной регулировкой начала впрыска топлива, плохой работой ТНВД и форсунок. Для оценки работы двигателя в первую очередь необходима косвенная информация об условиях, в которых проявляется неисправность:

- неисправность появляется всегда или периодически;
- в каких условиях эксплуатации проявляется неисправность: при запуске двигателя, при ускорении или торможении двигателем, при движении с постоянной скоростью, при определенных оборотах двигателя, на холостом ходу, на холодном или горячем двигателе;
- какой расход топлива;
- выдает ли двигатель требуемую мощность;
- дымит ли двигатель.

Следующее действие – это детальный осмотр и проведение диагностики дизельного двигателя.

В соответствии с ГОСТ 20793-86 диагностирование осуществляется в период проведения каждого ТО-3. Общие технические требования и правила диагностирования регулируются ГОСТ 24925-81 и ГОСТ 20793-86.

В современных тракторах и лесозаготовительной технике резко возрастает использование различных электро- и гидроуправляемых узлов и элементов, управляемых электронными блоками или бортовыми компьютерами в соответствии с заданной программой. В этой связи для эффективной эксплуатации такой техники требуется «интеллектуальный» под-

ход со стороны обслуживающего персонала, владеющего современными информационными технологиями, навыками программирования, настройками техники и машинно-тракторных агрегатов [3, 5].

С другой стороны, систематизация данных при организации и проведении ТО и ремонта на основе применения электронной сервисной информации может обеспечить существенное снижение трудоемкости проведения диагностических и ремонтно-обслуживающих работ. Особенно эффективно это проявляется при ее внедрении в работу крупных машинно-технологических станций и технических сервисных центров, обслуживающих широкий спектр видов, моделей и модификаций автомобилей, тракторов, самоходных машин и другой техники.

Множество моделей и типов техники, а также разнообразие применяемых в них узлов и агрегатов требует управления данными, в частности номерами запасных частей, контрольными параметрами и др. Электронные базы данных и программные продукты могут применяться в основном для:

- организации работы предприятия на основе электронной системы обработки и хранения данных по эксплуатируемому или обслуживаемому парку машин;
- организации и проведения ремонтно-обслуживающих работ различных машин, узлов, систем, в том числе непосредственно в процессе их диагностирования;
- калибровки (программирования электронных блоков управления) тракторов, комбайнов и других машинно-тракторных агрегатов, различного навесного и прицепного оборудования для эффективной эксплуатации в конкретных условиях;
- настройки и регулировки различных систем и узлов двигателя или машины при ТО или ремонте, например, топливной аппаратуры по задаваемой программе и, при необходимости, автоматического последующего индивидуального программирования электронного блока управления (ТНВД типа VP).

Для использования на персональном компьютере в начальный период данные записывались в электронном виде на гибких

дисках. С середины девяностых годов сервисная информация стала представляться на компакт-дисках (CD), а с 2003 г. – на DVD, позволяющих сохранять существенно большие базы данных. В настоящее время практически всеми ведущими фирмами-производителями техники, систем и узлов разработаны подробные электронные каталоги, инструкции по эксплуатации (Bosch для топливной аппаратуры, Rexrot для гидрооборудования) и др., которыми в первую очередь снабжаются дилеры.

Предоставление сервисной информации потребителям возможно только с согласия фирмы производителя и при выполнении определенных требований. Чаще всего пользование предоставляется за оплату и на конкретный срок, хотя некоторые производители открыто ее публикуют (Hitachi, Toyota и др.). При этом доступ к указанным базам данных может быть осуществлен как через установку CD, так и через Internet по индивидуальному коду доступа, который представляется фирмой-производителем машины, агрегата или узла.

Как правило, сервисная информация объединяется с диагностической программой, но может поставляться отдельно. Алгоритмы пользования сервисной информацией индивидуальны для каждого производителя, но принципы организации схожи. Имеется исходная графическая оболочка, где размещена общая база данных на все модели машин, выпускаемых фирмой. Общая база данных может быть объединена с клиентской базой конкретного предприятия и связана по локальной сети с его отделами и подразделениями. Общая база включает данные, необходимые для идентификации мобильной машины, и ссылки на разделы сервисной информации, где имеются описания конструкции или техобслуживания данной машины [4–6].

Некоторые фирмы (Autodata, Alldata, TecDoc John Deere Timberjack и др.) специализируются на систематизации контрольных значений регулировочных показателей и разработке пособий по техобслуживанию и ремонту различной техники, но в основном они ориентированы только на легковые автомоби-

ли для частных лиц. Что касается организации техобслуживания коммерческой и лесозаготовительной техники на предприятиях, то здесь информация предоставляется только дилерам или авторизованным представителям.

Использование электронной информации в системе технического сервиса на предприятии можно представить в виде следующей таблицы.

На первом уровне пользователь (оператор машины или водитель) анализирует первичную информацию с бортовых систем машины и обеспечивает эксплуатацию машинно-тракторного агрегата или автомобиля в соответствии инструкциями по эксплуатации и показаниями информационных данных бортовой системы диагностики и системы предупредительной сигнализации. В случае критических показаний электронных систем прекращает работу и принимает меры по устранению неисправностей или вызову инженерной службы.

На втором уровне пользователь (инженер сервисной службы, дилер) обеспечивает программирование с использованием бортового компьютера следующих операций и работ на конкретной машине или МТА:

- калибровку систем и агрегатов машин (настройка датчиков скорости, пробуксовки колес, параметров управления гидравлической системы, ширины захвата, норм внесения, глубины обработки почвы и тягового усилия сельхозмашин и др.);
- установку параметров и периодичности обслуживания и др.

Эта же служба анализирует электронную информацию с бортовых компьютеров при:

- плановом обслуживании и отказах машины;
- определении параметров сменной выработки и др.

Инженерная служба может проводить работу по формированию индивидуальной карты трактора, автомобиля и др. В этом случае могут использоваться различные программные оболочки, написанные в среде Excel или Microsoft Access и удовлетворяющие следующим основным требованиям:

**Иерархическая схема применения электронной сервисной информации
в системе технического сервиса предприятия**

Уровень пользователей	Назначение электронной сервисной информации	Объект воздействия
<i>Четвертый уровень</i> Руководящее звено предприятия	Анализ эффективности использования парка машин, системы технического сервиса, технико-экономических параметров новых машин и машинно-тракторных агрегатов, конъюнктуры рынка автотракторной и лесозаготовительной техники, поставщиков запасных частей и оборудования и др.	Предприятие, его структурные подразделения
<i>Третий уровень</i> Инженерная и экономическая служба предприятия	Анализ работоспособности (учет отказов, разработка предложений по совершенствованию технического сервиса и модернизации техники). Анализ использования парка машин и конкретных моделей. Формирование рациональных резервов запасных частей и учет складских запасов	Парк машин, сфера обслуживания и материально-технического снабжения предприятия
<i>Второй уровень</i> Сервисный инженер, инженер по эксплуатации, дилер	Калибровка систем и агрегатов машин. Определение параметров и периодичности обслуживания. Анализ данных бортовой системы диагностики. Определение параметров сменной выработки. Формирование индивидуальной карты трактора, автомобиля и др.	Конкретная машина или машинно-тракторный агрегат
<i>Первый уровень</i> Механизатор, оператор машины, водитель	Эксплуатация в соответствии показаниям информационных данных бортовой системы диагностики и системы предупредительной сигнализации	Конкретная машина или машинно-тракторный агрегат

– выделенное поле для одной единицы техники должно иметь не менее 20 независимых ячеек для описания эксплуатационных (срок эксплуатации, ТО, расход топлива, отказы, замененные детали и т.п.) и конструктивных (номера физические и по каталогу, контрольные данные и др.) параметров как самой машины, так и ее отдельных агрегатов и узлов;

– гипертекстовый доступ к данным по видам машин, отдельным узлам, их характеристикам и т.п.;

– возможность редактирования и дополнения текстовой и растровой информации по каждой ячейке, в том числе расширение дерева информации.

База данных создается непосредственно инженерной службой предприятия, причем банк постоянно пополняется информацией за счет поступления новых машин и сведениями по эксплуатации уже имеющегося парка. Например, при обращении в сервисный центр клиента с заявкой на обслуживание служба центра получает из банка данных все имеющиеся сведения о заявленной технике и воспроизводится предыстория трактора или машины со всеми проведенными в прошлом работами по обслуживанию и ремонту.

Все проведенные работы вместе с необходимыми для ремонта запчастями автоматически регистрируются для оформления счета, и клиент получает полный протокол обо всех проведенных работах и расходе материалов.

На третьем уровне инженерная и экономическая служба предприятия проводит на базе обработки электронной сервисной информации анализ работоспособности (учет отказов и предложения по модернизации, планирование и выполнение работ по сервису и др.) использования парка машин и моделей, формирование рациональных резервов запасных частей и учет складских запасов и др.

К четвертому уровню можно отнести руководящее звено предприятия, которое проводит анализ эффективности использования парка машин, системы технического сервиса, технико-экономических параметров новых машин и машинно-тракторных агрегатов, конъюнктуры рынка автотракторной и лесозаготовительной техники, поставщиков запасных частей и оборудования и др.

Таким образом, использование электронной сервисной информации в соответствии с представленной иерархической структурой обеспечивает наиболее полное и

оперативное представление информации для управления техническим состоянием как конкретных машин, так и всей техники и качественной организации технического сервиса в предприятии.

На практике сам процесс диагностирования занимает 15...20 % от общего времени. Так, производственная проверка технологии диагностирования тракторов автоматизированными установками показала, что на присоединение и отсоединение датчиков и переходных устройств из-за низкой приспособленности тракторов затрачивается до 80 % общего времени диагностирования машины. На установление режима диагностирования объекта и непосредственное измерение диагностических параметров затрачивается 10... 15 % времени. На фиксацию результатов и прогнозирование остаточного ресурса – 5...6 % отведенного времени [6].

Ряд эффективных методов, реализованных в диагностических приборах, автоматизированных установках, машинотестерах, не представляется возможным для применения на практике без предварительных мер по улучшению приспособленности как диагностических средств, так дизеля и его ТА. Монтаж и демонтаж датчиков на непригодный дизель связаны с большой трудоемкостью и снижением достоверности диагностирования.

Улучшение приспособленности ТА к базовым диагностическим средствам сни-

жает трудоемкость установки датчиков на объект, уменьшает количество переходных устройств, повышает эффективность диагностирования.

Библиографический список

1. Алилуев, В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Алилуев, А.Д. Афаньин, В.М. Михлин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.
2. Ждановский, Н.С. Диагностика дизелей автотракторного типа / Н.С. Ждановский, Б.А. Улитовский, В.А. Алилуев. – Л.: Колос, 1970. – 191 с.
3. Желтухин, Ю.П. Разработка автоматизированных средств для исследований и испытаний топливной аппаратуры как основы для создания САИ и АСЧПТ / Ю.П. Желтухин, Д.Р. Лопатухин, А.В. Пресняков // Труды ЦНИТА. – 1985. – Вып. 85–86. – С. 174–179.
4. Левин, М.И. Современное состояние проблемы дизельной автоматики в зарубежной практике и отечественный опыт / М.И. Левин // Двигателестроение. – 1999. – № 4. – С. 28–31.
5. Sturm Herbert Einrichtung zur Diagnose an Einspritzanlagen von Dieselmotoren.-Wiss. Beitr. Ingenieurhochsch.Zwickau.1985.11.N4, 82-89.
6. Габитов, И.И. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей / И.И. Габитов, Л.В. Грехов, А.В. Неговова. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 248 с.
7. Шамарин, Ю.А. Модернизация устройства для диагностирования нагнетательных клапанов дизельной топливной аппаратуры и анализ результатов испытаний / Ю.А. Шамарин, В.И. Панферов, А.В. Сиротов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2006 – №1. – С. 86–90.

КАРТЫ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ЛЕСНЫХ МАШИН

В.В. БЫКОВ, *проф. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, д-р. техн. наук,*
М.И. ГОЛУБЕВ, *асп. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ*

bykov@mgul.ac.ru

Ввиду специфики использования лесные машины в большой степени подвержены различным видам коррозии и биоповреждений.

Одним из важнейших факторов коррозии является температура и влажность воздуха и его состав [1, 2]. Для защиты изделий от коррозии применяют различные технологии, в том числе основанные на нанесении кон-

сервационных составов. Однако при выборе консервационных составов нужно учитывать природно-климатические условия региона эксплуатации изделий, в частности лесных машин.

Из всех видов коррозии наиболее изученной является атмосферная. Определенная корреляционная зависимость между различными типами коррозионных процес-

сов делает возможным и целесообразным использование математических моделей атмосферной коррозии для анализа коррозионных процессов при эксплуатации лесных машин. Повышенная засоленность воздуха в зимний период может оказывать заметное влияние на коррозию стальных деталей лесных машин. Поэтому природно-климатические условия определяют скорость атмосферной коррозии, которая и является основной характеристикой коррозионного процесса. Основными показателями коррозионного процесса являются глубина язв коррозии и масса прокорродировавшего металла.

В большинстве случаев скорость коррозии определяется экспериментально. В работе [3] приведены результаты обобщения скоростей коррозии для промышленных и городских атмосфер России в виде

$$M(t) = a(C_{SO_2})^n \tau_{\phi}, \quad (1)$$

– для приморских и морских атмосфер

$$M(t) = a(K_{\phi} + B_{Cl}) \tau_{\phi}, \quad (2)$$

– при наличии в атмосфере одновременно примесей диоксида серы SO_2 и ионов хлора Cl^-

$$M(t) = a[a(C_{SO_2}) + B_{Cl}/2] \tau_{\phi}, \quad (3)$$

где $M(t)$ – скорость коррозии, имеющая размерность г/(м² год);

τ_{ϕ} – суммарное время сохранения фазной пленки на поверхности металла;

C_{SO_2} , C_{Cl} – концентрация примесей в атмосфере;

K_{ϕ} , B_{Cl} , a , n – определяются для каждого конкретного материала.

В таблице [3] приведены значения констант для определения скоростей коррозии по формулам (1–3) и характеристики материалов, предрасположенных к коррозии.

Однако инженерное определение скорости коррозии деталей и узлов машин, в том числе и лесных, по приведенной методике затруднительно.

Для оценки скорости атмосферной коррозии различных деталей ракетных двигателей составляют карты коррозии [3].

Для машин лесного комплекса такие карты не разработаны. Поэтому нами предложено составлять карты атмосферной коррозии

лесных машин, которые следует использовать для выбора консервационного состава.

Для анализа коррозионных процессов при эксплуатации лесных машин можно использовать математические модели, устанавливающие связь между скоростью атмосферной коррозии и параметрами среды. Обычно для этого используется корреляционная зависимость вида [3]

$$V = A \cdot t^n, \quad (4)$$

где V – скорость коррозии;

t – продолжительность эксплуатации машины;

A , n – эмпирические коэффициенты, характеризующие параметры среды региона.

Определение этих коэффициентов затруднительно ввиду необходимости прогнозирования большого количества параметров среды: влажности, температуры, загрязненности воздуха и других. Поэтому широкое применение нашли линейные модели развития атмосферной коррозии

$$V = V_0(1 + \alpha_0 \cdot t), \quad (5)$$

где V_0 , α_0 – характеристики закона атмосферной коррозии.

На основании статистической обработки многолетних наблюдений и коррозионных испытаний различных материалов было выявлено влияние параметров среды на характеристики атмосферной коррозии и получены уравнения регрессии, описывающие скорость коррозии различных металлов [3]. Для стали уравнение имеет вид

$$V = 0,78RH + 1,22T + 0,173C_{Cl} + 0,3C_{SO_2} - 52,68, \quad (6)$$

где RH – средняя годовая относительная влажность, %;

T – средняя годовая температура, °С;

C_{Cl} – средняя годовая концентрация хлоридов, мг/м³;

C_{SO_2} – средняя годовая концентрация диоксида серы, мг/(м³·сут).

Анализ состояния загрязнения атмосферы вредными выбросами в регионах с учетом предельно допустимых норм концентрации (ПДК) в России (диоксида серы 0,05 мг/м³, хлоридов 0,1 мг/м³·сутки) [6] и сравнительные расчеты атмосферной кор-

Карта коррозии машин в лесных регионах

Регион	Среднегодовые показатели (значения)			Показатели в период хранения (апрель – октябрь)		
	RH, %	T, °C	V, мкм	RH, %	T, °C	V, мкм
Архангельская область	80	1,0	10,940	75,9	8,2	16,493
Владимирская область	76	3,9	11,358	74,9	11,7	20,035
Вологодская область	80	2,8	13,136	77,0	10,2	19,807
Красноярский край	68	1,3	1,946	66,4	10,2	11,561
Московская область	77	5,4	13,968	73,4	12,4	19,722
Псковская область	79	5,5	15,650	75,1	11,9	20,415
Республика Коми	77	0,6	8,112	74,4	9,0	16,319
Республика Мордовия	75	3,9	10,578	71,1	14,3	20,292
Тверская область	81	4,6	16,112	77,4	11,6	21,901

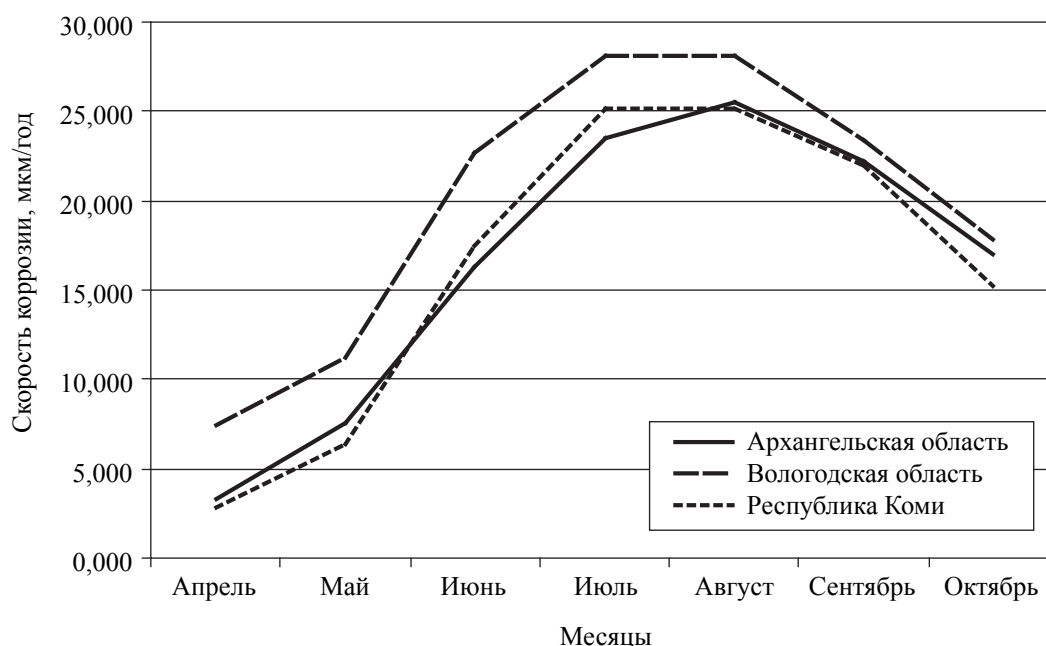


Рисунок. Годовая динамика скорости коррозии машин

розии (6) показали, что влияние вредных выбросов на этот показатель не превышает 0,3...0,5 %. Поэтому для определения скорости атмосферной коррозии лесных машин можно использовать уравнение воздействия только метеорологических факторов в виде следующей модели, исключив из уравнения (6) концентрации хлоридов и диоксида серы

$$V = 0,78RH + 1,22T - 52,68. \quad (7)$$

Для каждого металла или сплава существует критическое значение атмосферной влажности, при которой в результате конденсации воды на поверхности появляется сплошная пленка влаги. Для стали значение критической влажности составляет в среднем 60 % для промышленной атмосферы и около

70 % в условиях незагрязненной атмосферы. При относительной влажности воздуха ниже этих значений коррозионное разрушение незначительно.

При температуре воздуха ниже 0 градусов (в период работы лесных машин) скорость коррозии также пренебрежимо мала, даже если существует повышенная концентрация газообразных загрязнений (диоксида серы, ионов хлора и т.п.) или твердых загрязнений.

По зависимости (7) нами составлены коррозионные карты основных лесных регионов (таблица и рисунок).

Анализ скорости коррозии в течение года (рисунок) показывает, что в период хра-

нения лесных машин необходимо обрабатывать поверхности, склонные к коррозии, консервационными составами.

На основании полученных карт можно рекомендовать различные консервационные составы с различной коррозионной стойкостью в зависимости от скорости коррозии. В настоящее время нами разрабатываются составы на основе отходов растительных масел, которые будут рекомендованы для хранения машин в регионах в соответствии с картой коррозии [5]. Эти составы обладают различной коррозионной стойкостью и стоимостью и требуют рационального использования.

Библиографический список

1. Защита от коррозии, старения и биоповреждения машин, оборудования и сооружений: справочник в 2-х томах. / под ред. А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем: учеб. пособие. / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др. – Логос, 2003. – 736 с.
3. Михайловский, Ю.Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты / Ю.Н. Михайловский. – М.: Металлургия, 1989.
4. Кузнецов, Н.П. Испытания ракетных двигателей твердого топлива. Часть первая – Наземные испытания РДТТ / Н.П. Кузнецов и др. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2010. – 704 с.
5. Быков, В.В. Консервационные составы на основе отходов растительных масел / В.В. Быков, М.И. Голубев // Материалы V Международной научно-практической конференции «Информагро-2010» – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – С. 470–472.
6. Интернет-ресурсы Гидрометцентров и загрязнения окружающей среды регионов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.В. БАШКИРЦЕВ, *доц. военной кафедры МГУЛ, канд. техн. наук,*
 Е.Е. КЛУБНИЧКИН, *доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,*
 О.С. НИКИШИНА, *преподаватель Российского государственного университета туризма и сервиса*

4022550@mail.ru; klubnichkin@mgul.ac.ru

Технологии ремонта, основанные на использовании клеевых составов, позволяют не только заменять сварку, наплавку, но и восстанавливать работоспособность деталей машин и оборудования, восстановление которых общепринятыми способами невозможно или опасно согласно требованиям охраны труда.

Клеевые составы для восстановления деталей транспортно-технологических машин можно классифицировать по механизму их отверждения (рис. 1). Такая классификация позволяет разрабатывать технологии применения клеевых составов для отдельных групп. В зависимости от механизма отверждения они могут быть разделены на следующие группы: клеевые составы анаэробного отверждения, термического, влажностного; клеи-расплавы; клеевые составы, отверждаемые активацией.

Анаэробные составы представляют собой смеси специальных жидких веществ различной вязкости. Наименование «анаэробный» заимствовано из биологической терминологии, где оно применялось к микроорганизмам, существующим без доступа кислорода. «Анаэробный» означает, что такой клеевой материал способен длительное время оставаться в исходном состоянии без изменения свойств и быстро отвердевать с образованием прочного полимерного слоя в узких зазорах между поверхностями при температурах 15–35 °С в условиях прекращения контакта с кислородом воздуха.

Правильный выбор анаэробных составов зависит не только от условий нагружения, температурного режима в соединении, но и от зазора между соединяемыми поверхностями. Поэтому одним из основных параметров,



Рис. 1. Классификация клеевых материалов, используемых для восстановления деталей транспортно-технологических машин лесопромышленных предприятий

который учитывают при выборе анаэробного состава, является вязкость.

К преимуществам анаэробных клеевых составов относятся:

- высокая скорость отверждения, (время фиксации составляет 15 – 30 мин);
- высокая вязкость (при 25 °С для некоторых марок ее значения достигают 100000 – 250000 МПа сек), что позволяет уплотнять зазоры до 3 мм (за исключением пропитывающих составов);
- стабильность свойств при длительной эксплуатации в условиях резкого перепада температур и повышенной вибрации;
- высокие прочностные характеристики (прочность при ударном сдвиге 8–20 кДж/м²; предел прочности на сдвиг 20–30 МПа).

К недостаткам анаэробных составов следует отнести:

- невысокую прочность при склеивании замасленных поверхностей (предел прочности на сдвиг 0,5–5 МПа);
- имеющую место зависимость прочностных свойств отвержденного состава от величины зазора между соединяемыми поверхностями и некоторые другие.

К составам *термического отверждения* можно отнести теплостойкие клеи и эластомеры, отверждение которых происходит только при повышенной температуре.

Эти составы не находят широкого распространения при ремонте техники, так как требуют специального оборудования, высокая эффективность использования которого может быть только на специализированных ремонтных предприятиях.

К клеевым составам *влажностного отверждения* относятся составы, которые изготовлены на основе силоксановых и фторсилоксановых каучуков. Отверждение этого вида происходит за счет влаги, находящейся в окружающей среде. Они находят применение при обслуживании и ремонте лесной техники в виде «жидких прокладок» [1].

Разновидность составов, которых называют «клеи-расплавы», в настоящее время мало известны широкому кругу пользователей даже в машиностроении и используются в основном в оборонном комплексе страны. Использование клеев-расплавов имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с клеевыми составами других типов. К ним относятся:

- возможность проведения процесса склеивания с большой скоростью;
- отсутствие растворителей, что делает клеи-расплавы совершенно безвредными для здоровья людей;
- полная нелетучесть;
- невытекание из клеевого шва и непроникновение в глубь субстрата.

Клеями-расплавами (плавкими клеями) называют термопластичные клеи, которые при нагревании переходят из твердого состояния в пластичное, а остывая склеивают между собой различные материалы. Адгезионная и смачивающая способность клеев-расплавов проявляется при плавлении и последующем охлаждении до комнатной температуры.

Клеи-расплавы не получили еще такого широкого распространения для ремонта машин и оборудования как, например, эпоксидные компаунды, тем не менее это очень перспективные материалы, которые в будущем могут стать одними из основных клеев, используемых как в автомобилестроении, так и для ремонтных работ. Их использование значительно упрощает технологию, так как не требуется приготовления клея и выдержки до завершения процесса полимеризации. Применение клеев-расплавов – это безотходная и мало энергоемкая технология [2].

Использование клеев-расплавов при ремонте и обслуживании сельскохозяйственной техники является новым, неисследованным направлением, от которого можно ожидать высокой экономической эффективности при минимальных затратах.

Особенность *клеевых составов, отверждаемых активацией*, в том, что состав состоит, как правило, из двух компонентов, при смешивании или соприкосновении которых начинается отверждение состава. Путем подбора состава наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материал с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств, отвечающих требованиям ремонтного производства. Использование в одном материале нескольких матриц (полиматричные композиционные материалы) или наполнителей различной природы (гибридные компози-

ционные материалы) существенно расширяет возможность регулирования свойств композиционного материала.

При ремонте и обслуживании техники наибольшее распространение получили адгезивы на полимерной основе, где в качестве матрицы используются различные эпоксидные смолы.

Наибольшей вязкостью обладает смола ЭД-16, которую перед употреблением необходимо нагреть до температуры 60–80 °С. Смолы ЭД-20 и ЭД-22 пригодны для работы при комнатной температуре. Неотвержденные эпоксидные смолы легко растворяются во многих органических растворителях и имеют ограниченное применение.

Эпоксидные смолы являются одним из лучших видов связующих для большого числа клеевых материалов, что объясняется следующими причинами:

- эпоксидные смолы обладают хорошей адгезией к большинству наполнителей, армирующих компонентов и подложке;
- разнообразие доступных эпоксидных смол и отверждающих агентов позволяет получить после отверждения материалы с широким сочетанием свойств;
- в ходе химической реакции между эпоксидными смолами и отверждающими агентами не выделяются вода и вредные летучие вещества, а усадочные явления при отверждении в этом случае ниже, чем для фенольных или полиэфирных смол;
- отвержденные эпоксидные смолы обладают хорошей химической стойкостью к бензину, маслам, специальным жидкостям.

К преимуществам эпоксидных компаундов относятся: повышенные жесткость, прочность, теплостойкость, стабильность размеров; пониженные газо- и паропроницаемость; регулируемые электрические и фрикционные свойства; пониженная стоимость.

Анализ свойств клеевых составов позволил разработать следующие технологии восстановления деталей транспортно-технологических машин лесопромышленного оборудования.

Восстановление посадок подшипников. Работоспособность ослабленной посадки под-

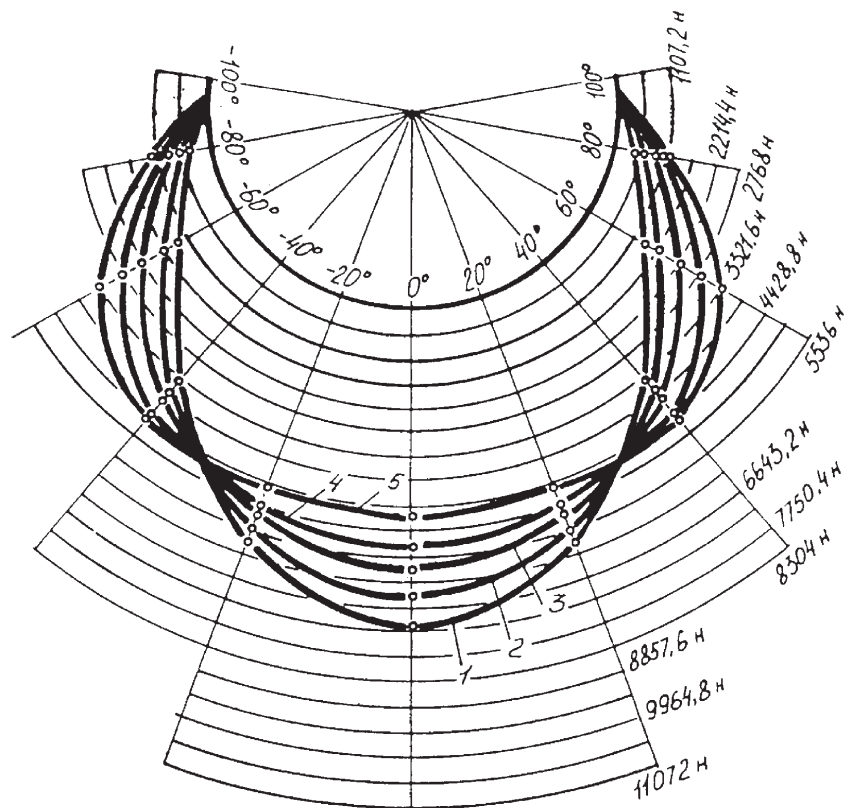


Рис. 2. Распределение нагрузки в подшипнике качения при установке на клеевой состав толщиной, мм: 1–0,008; 2–0,053; 3–0,098; 4–0,139; 5–0,182

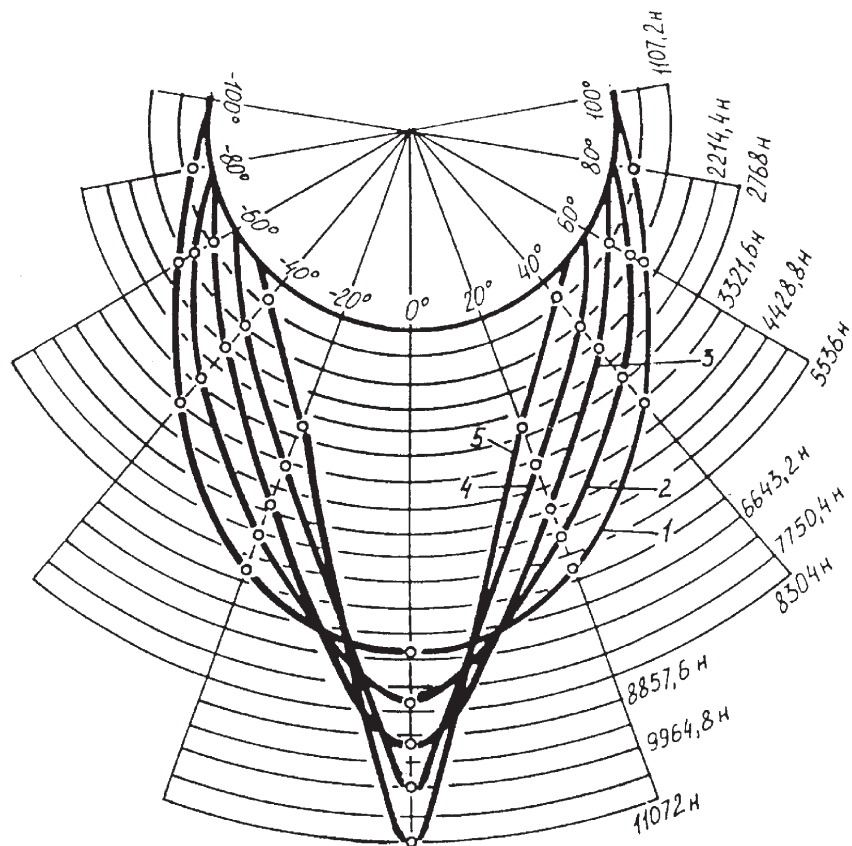


Рис. 3. Распределение нагрузки в подшипнике качения при установке без клеевого состава, мм: 1–натяг 0,005; 2–зазор 0,057; 3–зазор 0,123; 4–зазор 0,236; 5–зазор 0,336

шипника качения как в корпусе, так и на валу позволяют восстановить анаэробные составы, такие как Анагерм-6к, Анагерм-111. Они позволяют восстановить зазоры до 0,27 мм.

Особенность состава Анагерм-103 в том, что он может быть использован в условиях повышенных температур (до 250 °С).

Проведенные исследования показали, что работоспособность восстановленного таким образом посадочного места под подшипник качения оказывается даже выше, чем у соединения без полимерной прослойки. Это объясняется следующим. Наличие полимера между обоймой подшипника и корпусом (валом) способствует более равномерному распределению нагрузки между телами качения (рис. 2).

При этом происходит более равномерное распределение нагрузки между телами качения подшипника и снижается контактное давление на рабочих поверхностях деталей подшипника. Если подшипник установлен без полимера, то нагрузка концентрируется практически на одном теле качения (рис. 3), причем эта концентрация увеличивается при нарастании зазора в соединении, что резко снижает срок службы подшипника. Кроме того, полимерная прослойка предохраняет поверхности от коррозии [3].

Герметизация микротрещин. При использовании анаэробных составов для герметизации микротрещин в корпусных деталях проявляются явно выраженные преимущества технологий ремонта с их применением. При герметизации микротрещин использование клеевых составов во многих случаях является не только экономически выгодным, но и единственно возможным для того, чтобы восстановить работоспособность дорогостоящей корпусной детали.

На рис. 4 показана трещина, соединяющая масляную магистраль и систему охлаждения ДВС, которая проходит через резьбовое отверстие. Ни один из общепринятых способов не подходит для устранения такого дефекта, так как трещина уходит в глубь детали, доступ к ней невозможен и такой блок обычно выбраковывается. Использование адгезивных материалов позволяет устранить такой дефект, даже не производя демонтаж двигателя.

Для герметизации таких трещин в корпусных деталях (при толщине стенок более 3 мм) используются клеевые составы, обладающие малой вязкостью, что обеспечивает им повышенную проникающую способность. Этим требованиям отвечают анаэробные составы АН-1У (ТУ 6-01-1308-85) и Уг-7 (ТУ 6-01-1312-85). Учитывая тот факт, что трещина может иметь сложный профиль, а зазор в трещине может изменяться, предлагается использовать два клеевых состава. Вначале используют состав меньшей вязкости АН-1У, который заполняет все самые мельчайшие поры и зазоры, а в большем зазоре он не задерживается и вытекает. Для герметизации оставшегося пространства необходимо использовать состав с большей вязкостью Уг-7, который способен герметизировать трещину размером до 0,2 мм.

Фиксация шпилек в отверстиях с поврежденной резьбой. В узлах и агрегатах автомобиля часто используются шпильки, которые вворачиваются в корпусные детали на резьбу, которая часто разрушается. Причины могут быть самыми различными и часто не связанными с силовым воздействием на резьбу. Быстрее изнашиваются резьбы, которые часто приходится раскручивать, например, при снятии крышки клапанов, крышки воздушного фильтра, что предусмотрено регламентными работами очередных технических обслуживаний. Имеющиеся способы ремонта в основном рассчитаны на использование в специализированных ремонтных предприятиях с применением специального оборудования и оснастки. Разработанная технология с использованием клеевых материалов позволяет выполнять ремонт как в мастерских общего назначения, так и в полевых условиях или в пути.

Ремонт сердцевин радиатора. Технология ремонта радиатора с использованием клеевых составов позволяет, не разбирая радиатор, без точного определения места течи устранить ее, при этом технология одинакова как для радиаторов с пластмассовыми бачками, так и с металлическими [4].

Способ восстановления герметичности сердцевин радиатора охлаждения за-

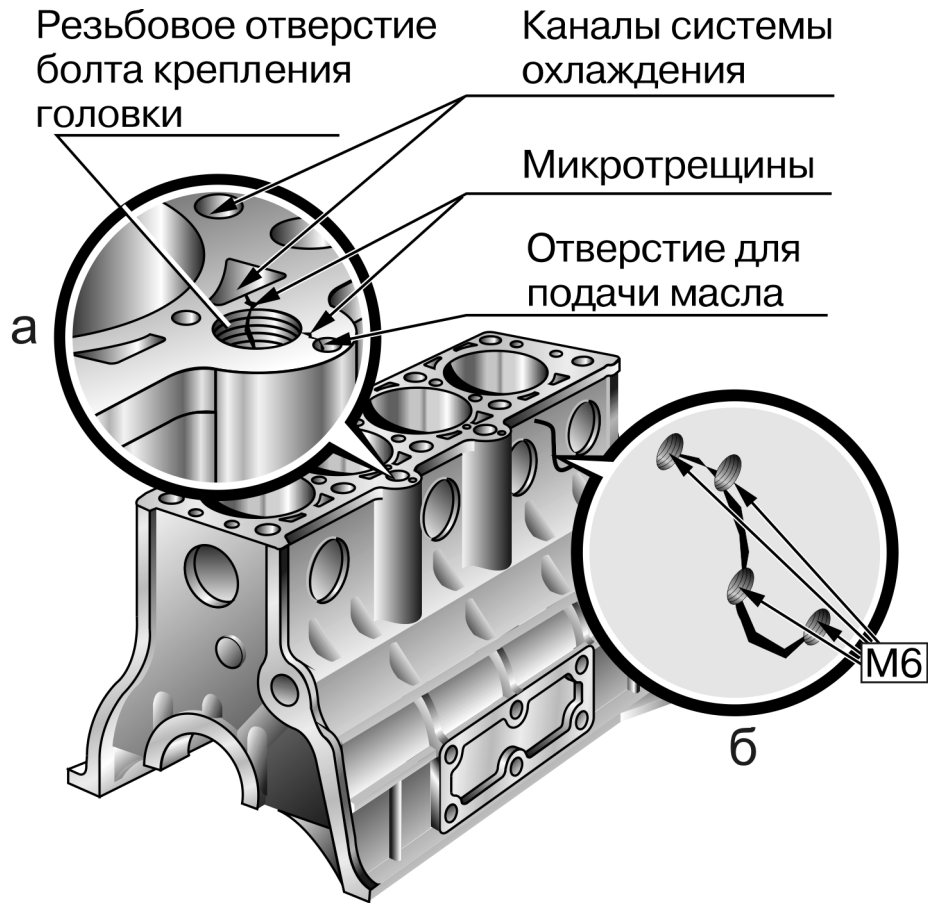


Рис. 4. Герметизация микротрещин в блоке цилиндров

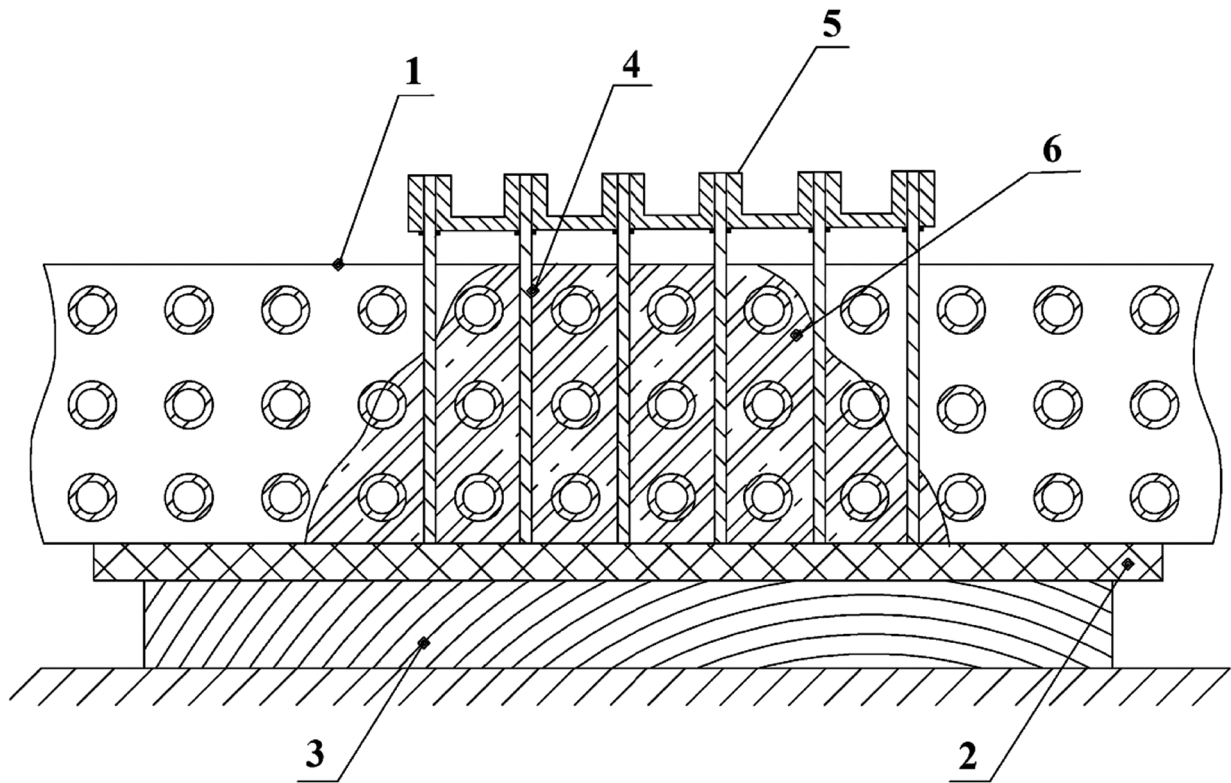


Рис. 5. Устранение течи сердцевины радиатора: 1 – радиатор; 2 – резиновая прокладка; 3 – деревянная подставка; 4 – стержень; 5 – формообразующий клеевой состав; 6 – дополнительная теплообменная поверхность

ключается в том, что предполагаемое место течи радиатора обезжиривают (проливают) ацетоном или бензином, продувают сжатым воздухом (сушат) и при необходимости модифицируют. Далее на это место накладывают резиновую прокладку, смазанную слоем масла для того, чтобы после отверждения клеевого состава она легко отделилась, не повреждая покрытие. Радиатор укладывают горизонтально на деревянную подставку, так чтобы она плотно прижала к радиатору резиновую прокладку. С обратной стороны вставляют в поврежденное место радиатора стержни с повышенной теплопроводимостью (медь, алюминий), которые соединяют с дополнительной теплообменной поверхностью, выходящей за пределы поверхности радиатора, и заполняют формообразующим клеевым составом с наполнителями, имеющими повышенную теплопроводимость (рис. 5) [5, 6].

Изобретение обеспечивает повышение теплоотдачи отремонтированного участка радиатора, что сохраняет оптимальный тепловой режим работы двигателя.

Использование клеевых составов, конечно, не ограничивается использованием

только для ремонта деталей транспортно-технологических машин лесопромышленных предприятий, многие из них могут быть использованы для ремонта сельскохозяйственной и военной техники как и в ремонтных мастерских, так и в полевых условиях.

Библиографический список

1. Клеящие материалы. Герметики: справ. / А.П. Петрова, А.А. Донской, А.Е. Чехлых и др. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 592 с.
2. Башкирцев, В.И. Азбука склеивания и герметизации при ремонте автомобилей: учеб. пособие / В.И. Башкирцев, С.Н. Гладких. – М., 2007.
3. Курчаткин, В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: автореферат дисс. ... докт. техн. наук / В.В. Курчаткин. – М., 1989. 32 с.
4. Башкирцев, Ю.В. Ремонт сердцевин радиатора ДВС / Ю.В. Башкирцев // Сельский механизатор. – 2008. – № 1. – С. 44–45.
5. Нилов, Н.И. Обслуживание и ремонт радиаторов двигателей внутреннего сгорания : учеб. метод. пособие / Н.И. Нилов, Ю.В. Башкирцев. – М.: Минсельхоз РФ, ФГОУ «РИА-МА», 2008. – 32 с.
6. Патент RU 2372573 С2 на изобретение. Способ ремонта сердцевин радиатора охлаждения / Ю.В. Башкирцев, А.А. Панин, И.В. Желанов (РФ); опубл. 10.11.09., Бюл. № 31.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ В ПЛАВУЧИХ КОНТЕЙНЕРАХ И НА ОДНОРЕЙСОВЫХ СУДАХ

А.Н. КОМЯКОВ, *проф. каф. транспорта леса МГУЛ, канд. техн. наук*

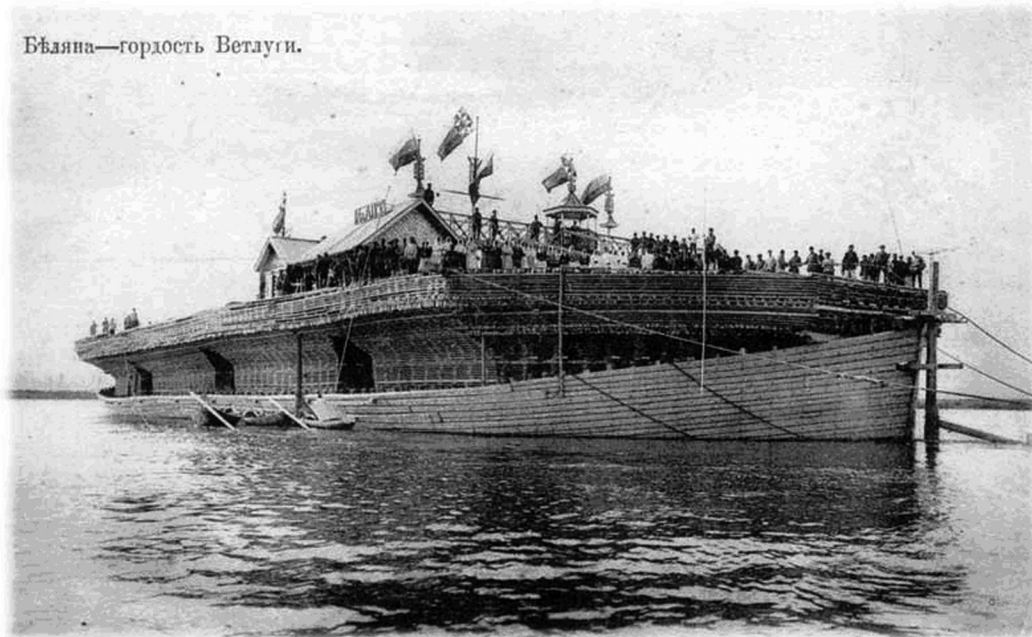
komyakov@mgul.ac.ru

На кафедре транспорта леса МГУЛ в последние годы проводятся исследования по созданию новых технологий и средств водной доставки продуктов углубленной переработки древесных ресурсов с предприятий, примыкающих к водным путям. Разработаны и испытаны в производственных условиях несколько типов плавучих контейнеров малой емкости и контейнерных составов для доставки измельченных лесных грузов. Большегрузные плавучие контейнеры (БПК) конструкции МГУЛ (патент RU 2153456 С1) позволяют доставлять потребителям наряду с измельченной древесиной пиломатериалы и прочую готовую продукцию. По геометри-

ческим параметрам и назначению они могут быть отнесены к однорейсовым несамостоятельным судам, успешно применявшимся в России до 30-х гг. прошлого века и к настоящему времени незаслуженно забытым (рисунки).

Технико-экономические показатели контейнерного транспорта в значительной степени зависят от обоснованного выбора параметров плавучих контейнеров и судов для их доставки, при которых обеспечивали бы:

- наилучшее соотношение между главными размерами БПК;
- максимальное использование габаритов судового хода;



Бьяна—гордость Ветлуги.

Рисунок. Бьяна, однорейсовое судно для перевозки пиломатериалов и других лесных грузов, Россия, XIX век

– соответствие габаритов БПК и скоростного режима его буксировки типу буксирного судна.

При выполнении всех перечисленных требований можно добиться минимума эксплуатационных затрат при организации доставки древесины в плавучих контейнерах и на однорейсовых судах.

В данной статье представлена математическая модель оптимизации процесса доставки лесных грузов в большегрузных плавучих контейнерах (БПК). В силу схожей геометрии эта модель, с некоторыми уточнениями, может быть использована и для однорейсовых судов с прямоугольными очертаниями корпуса.

Выбор критерия оптимизации и определяющих параметров процесса

При организации водной доставки древесного сырья в БПК основные затраты приходится на две составляющие: изготовление и транспортировку.

Затраты на изготовление лесотранспортной единицы можно также подразделить на две группы по признаку зависимости от геометрических параметров. Затраты на подготовку площадки для изготовления БПК, его заполнение, создание замороженного слоя

прямо пропорциональны объему БПК и могут не участвовать в математической модели. Затраты на герметичную оболочку контейнера в значительной степени зависят от линейных размеров контейнера и соотношений между ними. При этом очевидно, что наименьшие затраты на единицу перевозимого груза будут у больших контейнеров, что изначально и стимулировало наши работы по созданию БПК.

С другой стороны, увеличение размеров буксируемого тела приводит к увеличению сопротивления воды его движению, и как следствие, к увеличению продолжительности оборота буксирного судна и росту затрат на транспортировку.

При этом, если буксировка производится по малым временно судоходным рекам, отрицательные последствия увеличения габаритов проявляются еще сильнее. Они связаны с резким ростом сопротивления движению на мелководье. Согласно проведенным нами исследованиям, уменьшение отношения глубины потока к осадке H/T с 7 до 1,8 приводит к росту сопротивления почти в 3 раза.

На величину транспортных затрат также большое влияние оказывают технико-экономические показатели буксирных судов, такие как их тяговая характеристика, скорость

хода с грузом и порожним, стоимость содержания буксира в единицу времени и др.

При проведении контейнерного сплава возникают и другие затраты, связанные с заполнением контейнеров, простоями буксира по метеоусловиям, выгрузкой контейнера из воды. Перечисленные затраты составляют малую долю в общих затратах при транспортировке БПК и оказывают довольно слабое влияние на выходные параметры процесса. При разработке математической модели процесса буксировки БПК ими можно пренебречь. С учетом изложенного в качестве критерия оптимизации принимаем суммарные затраты Z , которые состоят из затрат на изготовление БПК Z_k и затраты на его буксировку $Z_{бук}$.

Целевая функция имеет вид

$Z = Z_k + Z_{бук} = f(X <n>, A <m>) \rightarrow \min$, (1)
где $X <n>$ – управляющие параметры процесса: длина L , ширина B , осадка T и скорость буксировки V контейнера; параметры буксирного судна: стоимость одного часа работы $C_б$, тяга на гаке F_r и скорость движения порожнем V_n ;

– $A <m>$ – фиксированные параметры процесса, к которым относятся: объем $W_{бук}$, подлежащий буксировке с данного объекта, коэффициент полндревесности k_n , стоимость оболочки контейнеров; параметры, характеризующие трассу буксировки: длина l , ширина b , глубина h , уклон i и скорость u течения реки на маршруте, время $T_{бук}$, отведенное на буксировку всего объема с данного объекта.

Управляющие параметры L , B , T и V носят непрерывный характер, а параметры $C_б$, F_r и V_n – дискретный.

Анализ ограничений математической модели

Ограничения на определяющие факторы L , B и T вытекают из условий безопасности буксировки БПК.

Максимальную осадку определяют исходя из глубины судового хода на лимитирующем участке

$$T \leq h - z, \quad (2)$$

где z – донный запас, равный 0,3–0,5 м.

Предельная ширина контейнера для буксировки по рекам определяется из усло-

вий обеспечения необходимого запаса свободной поверхности реки на уровне гарантированной глубины по формулам

$$B \leq b_0 / 1,5 \text{ – при одностороннем движении, (3a)}$$

$$B \leq (b_0 - 1,3B_k) / 1,3 \text{ – при двустороннем, (3б)}$$

где B_k – ширина встречного судна.

Предельная длина контейнера определяется из соображений управляемости и возможности проводки на криволинейном участке с радиусом r и шириной сплавного хода b_c на лимитирующем участке по формуле

$$L < 2\sqrt{\frac{2rb_c}{3}}. \quad (4)$$

Для обеспечения устойчивого движения БПК по курсу необходимо, чтобы скорость буксировки относительно потока была больше критической скорости $v_k = 0,2 \dots 0,3$ м/с, при которой ослабляется связь с буксиром. Отсюда следует ограничение на скорость буксировки контейнера

$$\sqrt{\frac{F_z \pm P_e \pm P_i}{c_R \frac{\rho}{2} B T k}} \geq 0,3 \text{ м/с.} \quad (5)$$

Объем контейнера не может превышать общего количества древесины, подлежащей буксировке с данного пункта отправления, поэтому

$$L B H k_n \leq W_{бук}, \quad (6)$$

где k_n – коэффициент полндревесности транспортируемого лесоматериала.

Если требуется определить оптимальное соотношение габаритов БПК при заданном его объеме (равном, например, запасу технологической щепы в данном пункте отправления), то должно быть соблюдено ограничение в виде равенства

$$L B H k_n = W_{бук}. \quad (6')$$

Поскольку в математическую модель процесса входят зависимости для определения коэффициента сопротивления воды движению БПК, которые справедливы в определенном диапазоне чисел Фруда, на скорость буксировки и осадку контейнера накладыва-ется ограничение

$$Fr_{\min} \leq \frac{V}{\sqrt{gT}} \leq Fr_{\max}.$$

Целевая функция

Затраты на буксировку БПК с пункта отправки можно определить по формуле

$$Z_{\text{бук}} = C_{\text{б}}(W_{\text{б}} / k_{\text{п}}LBH)(t_{\text{бук}} + t_{\text{хол}} + t_{\text{всп}}), \quad (7)$$

где $t_{\text{бук}}$, $t_{\text{хол}}$, $t_{\text{всп}}$ – соответственно время буксировки, холостой ход буксира и время на вспомогательные операции.

Основные затраты на изготовление БПК определялись по формуле

$$Z_{\text{к}} = C_{\text{об}}(L + 2H + 2l_{\text{н}})(B + 2H + 2l_{\text{н}}), \quad (8)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оболочки контейнера (в руб/кв.м) с учетом затрат на ее подготовку и укладку;

$l_{\text{н}}$ – величина «нахлестов» в верхней части контейнера.

С учетом формул (7–8) целевая функция окончательно будет иметь вид

$$Z(L, B, T, V) = C_{\text{б}}(W_{\text{б}} / k_{\text{п}}LBH) \times (t_{\text{всп}} + (s / 3,6(V_{\text{бук}} - u)) + (s / 3,6(V - u))) + C_{\text{об}}(L + 2H + 2l_{\text{н}})(B + 2H + 2l_{\text{н}}), \quad (9)$$

где

$$H = \rho T / \rho_{\text{др}} \quad (10)$$

– высота БПК как функция осадки, а скорость БПК относительно воды V определяют из уравнения

$$\kappa(T, h, V)C_{\text{р}}(L, B, T, V)(\rho V^2 / 2)BT = F_{\text{г}}(V) + ik_{\text{п}}\rho_{\text{др}}gLBH, \quad (11)$$

где

$$C_{\text{р}}(L, B, T, V) = 1,81 + 0,0367 \frac{L}{T} - 0,160 \frac{B}{T} -$$

$$-2,14 \frac{V}{\sqrt{gT}} + 0,000139 \left(\frac{L}{T}\right)^2 - 0,0115 \left(\frac{B}{T}\right)^2 +$$

$$+7,97 \left(\frac{V}{\sqrt{gT}}\right)^2 - 0,000791 \frac{L}{T} \frac{B}{T} -$$

$$-0,0263 \frac{L}{T} \frac{V}{\sqrt{gT}} - 0,0284 \frac{B}{T} \frac{V}{\sqrt{gT}} \quad (12)$$

– коэффициент сопротивления;

$$\kappa(T, h, V) = \frac{\left(0,311 + \frac{0,408}{h/T} + \frac{1,76}{(h/T)^2} + 4,28 \frac{V}{\sqrt{gT}} - 4,65 \left(\frac{V}{\sqrt{gT}}\right)^2\right)}{0,799 - 2,77 \frac{V}{\sqrt{gT}} + 7,93 \left(\frac{V}{\sqrt{gT}}\right)^2} \quad (13)$$

– коэффициент, учитывающий влияния дна; а $F_{\text{г}}(V)$ – сила на гаке для разных буксиров:

– для буксира Т-63

$$F_{\text{г}}(V) = 17254 - 1390V - 178V^2, \quad (12а)$$

– для буксира К-100

$$F_{\text{г}}(V) = 9818 - 1249V - 43,1V^2, \quad (12б)$$

– для буксира ВМК130

$$F_{\text{г}}(V) = 12309 - 1405V + 49,4V^2, \quad (12в)$$

– для буксира ЛС-56

$$F_{\text{г}}(V) = 31957 - 4923V + 225V^2. \quad (12г).$$

Полученная целевая функция (9) с учетом соотношений (10–12) и ограничений (2–6) представляет собой зависимость затрат на изготовление и транспортировку плавучего контейнера от наиболее существенных факторов процесса: габаритов и скорости буксировки БПК, технико-экономических показателей контейнера и буксировщиков, объемов, подлежащих буксировке, и путевых условий.

Данная задача – нелинейного программирования. Поэтому для определения экстремума разработана программа для ЭВМ. В результате решения этой задачи можно получить оптимальные параметры контейнера L , B , T и соответствующие им значения скорости буксировки V , а также значение целевой функции Z в точке экстремума и себестоимость транспортировки кубометра груза.

Анализ результатов расчетов

Для всех перечисленных буксиров оптимальные габариты контейнера L , B , H , T , скорости буксировки, отвечающие оптимальному контейнеру, а также минимальные себестоимости транспортировки оказались близкими; см. табл. 2. (Точное совпадение оптимальных размеров контейнеров связано с тем, что компьютерная программа, производя оптимизацию, выходит на максимальные их значения, допустимые ограничениями на варьируемые параметры.) Расчетные значения получены для следующих значений входных параметров: общий объем буксируемой щепы $W_{\text{б}} = 1000 \text{ м}^3$, стоимость оболочки контейнера $C_{\text{об}} = 90 \text{ руб./м}^2$, дальность транспортировки $s = 300 \text{ км}$, глубина судового хода $h = 5 \text{ м}$.

Результаты оптимизации параметров БПК

	Т-63	КС-100	БМК-130	ЛС-56
C_6 , руб./час	1380	1236	960	2340
V_6 , м/с	4,68	7,78	5,58	5,56
$L_{опт}$, м	37,7	34,9	32,9	37,7
$B_{опт}$, м	15,1	15,1	15,1	15,1
$T_{опт}$, м	2,4	2,4	2,4	2,4
$V_{опт}$, м/с	0,73	0,59	0,66	0,77
$Z_{мин}$, руб./м³	222,72	198,94	182,70	290,73
$Z_{бук}$, руб./м ³	38,97	41,13	31,56	56,88
$Z_{хол}$, руб./м ³	17,46	9,63	12,21	22,08
$Z_{всп}$, руб./м ³	1,59	1,56	1,26	2,43
$Z_{об}$, руб./м ³	66,72	62,94	62,70	74,73

С помощью программы на ЭВМ производилось также варьирование входных параметров – W_6 , C_6 , $C_{об}$, s и h ; для каждого набора этих параметров заново решалась оптимизационная задача и находились оптимальные габариты контейнера L , B , H (и осадка T), а также вычислялась скорость транспортировки V , соответствующая этим размерам.

Расчеты по данной математической модели показывают, что при заданных путевых и прочих условиях оптимальные параметры транспортных единиц близки друг к другу и стремятся к своему максимальному значению. При этом минимум затрат на организацию доставки лесных грузов в плавучих контейнерах и однорейсовых судах достигается за счет обоснованного выбора буксирно-

го судна с лучшими для данных условий технико-экономическими показателями.

Библиографический список

1. Комяков, А.Н. Однорейсовые лесосплавные суда. История и перспективы / А.Н. Комяков // Лесопромышленник. – 2010. – № 4(56). – С. 7–9.
2. Комяков, А.Н. Модель расчета оптимальных параметров плотов и скоростного режима их буксировки / А.Н. Комяков // Научные труды. – М.: МЛТИ, 1987. – вып. 189. – С. 72–77.
3. Комяков, А.Н. Гидродинамические характеристики плавучих контейнеров и контейнерных составов для водной доставки измельченных лесных грузов / А.Н. Комяков, М.А. Сорокин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 4(73). – С. 102–104.
4. Шевелев, И.Л. Обоснование параметров большегрузных плавучих контейнеров при транспортировке измельченной древесины: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / И.Л. Шевелев. – М., 2001. – 19 с.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В РЕСУРСАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д.М. ЛЕВУШКИН, *ст. преп. каф. транспорта леса МГУЛ*

levushkin@mgul.ac.ru

При планировании снабжения материальными ресурсами строительных объектов, в частности лесовозных автомобильных дорог, в 70-е годы прошлого столетия разработаны отраслевые нормы расхода материалов на 1 млн руб. сметной стоимости строительных работ, использование которых в современных условиях не имеет смысла, так как сметная стоимость строительства определяется ресурсным методом в текущих ценах.

Кроме этого строительные нормы разработаны на основе устаревших технологий, которые не учитывают современные тенденции в применении ресурсосберегающих способов производства работ.

Теоретический анализ

Производственные нормы расхода должны быть технически прогрессивными. Система технического нормирования должна

материально стимулировать творческую работу по совершенствованию производственных процессов и перевыполнению норм (рисунок) [1].

Фирмы должны также своевременно учитывать процесс совершенствования технологических процессов. Представим себе все изменения уровня развития того или иного производственного показателя, отражаемого нормами в виде плавной кривой (рисунок).

Процесс соблюдения технических норм, отражающих этот показатель, можно представить в виде ступенчатой линии, каждый горизонтальный участок которой характеризует нормативный уровень этого показателя в течение определенного периода времени между пересмотрами этих норм. Сроки пересмотра норм и продолжительность их действия должны определяться реальными изменениями отражаемых ими производственных показателей, и нормы не должны чрезмерно опережать уровень развития показателей или отставать от него. С учетом того, что действующие нормы не в полной мере отражают современный динамичный рынок дорожно-строительных технологий, назрела необходимость совершенствования методики производственного нормирования материальных ресурсов, особенно в период между пересмотрами норм (рисунок) [1].

Для обоснования расхода ресурсов на новые, не учтенные действующими нормами материалы и технологии, возможно использование многофакторного регрессионного анализа. Такой подход позволяет точно, с минимальными трудозатратами, определить удельный вес перспективных материалов до момента ввода в действие новых производственных норм расхода ресурсов.

Методика

Выбор зависимости удельного расхода основных материалов от конструктивных особенностей слоев дорожной одежды выполнен на основе статистической обработки 32-х проектов строительства и ремонта лесовозных автомобильных дорог Республики Коми. Корреляционно-регрессионный анализ позволил оценить влияния основных характеристик конструктивных слоев на расход

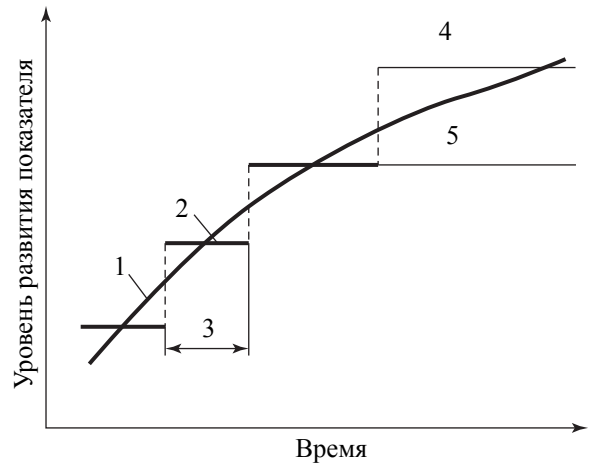


Рисунок. Отражение техническими нормами уровня развития производственного процесса: 1 – фактический рост показателя; 2 – реальное отражение его нормой; 3 – период эффективного действия нормы; 4 – неоправданное завышение нормы; 5 – неоправданное занижение нормы, вызванное запаздыванием его пересмотра

материалов. Значимость влияния таких характеристик, как толщина конструктивного слоя h , объемная масса γ и коэффициент уплотнения K_y является определяющей в приведенных ниже зависимостях, позволяющих достаточно легко определить потребность в материалах для строительства конструкций дорожных одежд.

Устройство асфальтобетонного покрытия.

1. Подгрунтовка основания органическим вяжущим:

при использовании битума – $0,08 \text{ т}/100 \text{ м}^2$;
при использовании битумной эмульсии – $0,09 \text{ т}/100 \text{ м}^2$;

2. Устройство песчаного подстилающего слоя

$$Q_n = 1,12 \cdot h + 0,62, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

Синтетический материал для армирования грунтового основания

$$Q_{см} = 98,86 - 19,41 \cdot b + 3,31 \cdot B, \text{ м}^2/100 \text{ м}^2,$$

где b – ширина рулона;

$$b = 1,40 - 2,50 \text{ м};$$

B – ширина армирования грунтового основания, м.

3 Устройство основания из щебня

3.1 из щебня фракции 40–70 мм

$$Q_{щ} = 1,33 \cdot h + 2,52, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

в том числе расклинивающая фракция 5–20 мм – $2,5 \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$;

3.2 из щебня фракции 70–120 мм:

$$Q_{щ} = 1,276 \cdot h + 3,019, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

в том числе расклинивающая фракция 5–40 мм – 3 м³/100 м².

4 Устройство основания из шлака:

4.1 из щебня шлакового фракции 40–70 мм

$Q_{щ} = 1,480 \cdot h + 18,111 \cdot K_y - 23,865, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$
в том числе расклинивающая фракция 5–20 мм – 2,5 м³/100 м²;

4.2 из щебня шлакового фракции 70–120 мм

$Q_{щ} = 1,480 \cdot h + 18,111 \cdot K_y - 23,365, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$
в том числе расклинивающая фракция 5–40 мм – 3,0 м³/100 м²,
где $K_y = 1,4–1,5$.

Устройство основания из песчано-гравийной смеси

$Q_{пгс} = 1,25 \cdot h + 19,33 \cdot K_y - 23,993, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$
где $K_y = 1,25–1,3$.

5 Устройство основания из щебня или гравия методом смешения на дороге

5.1 при использовании щебня или гравия фракции 0–40 мм

$Q_{щ} = -17,25 + 2,09 \cdot h + 6,75 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
битум жидкий

$Q_6 = -0,944 + 0,116 \cdot h + 0,362 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
где $\gamma = 1,85–3,20 \text{ т}/\text{м}^3$;

5.2 при использовании щебня или гравия фракции 0–20 мм

$Q_{щ} = -17,883 + 2,212 \cdot h + 6,462 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
битум жидкий

$$Q_6 = -1,211 + 0,151 \cdot h + 0,447 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2.$$

6. Устройство основания из щебня методом пропитки на дороге

6.1 методом полупропитки до 7 см щебень Ф5(3) – 70 мм

$Q_{щ} = 1,375 \cdot h - 0,245, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$
битум жидкий

$$Q_6 = 0,11 \cdot h + 0,042, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

6.2 методом глубокой пропитки до 10 см щебень Ф5(3) – 70 мм

$Q_{щ} = 1,165 \cdot h + 0,98, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$
битум жидкий

$$Q_6 = 0,11 \cdot h + 0,022, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

7. Устройство основания из грунта, укрепленное цементом

7.1 расход цемента

$$Q_{ц} = -2,283 + 0,254 \cdot \alpha + 0,156 \cdot h, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

где α – доля цемента в грунте ($\alpha = 6–12 \%$).

8 Укрепление обочин каменным материалом

8.1 при укреплении щебнем (гравием) или ПГС

$$Q_{щ} = -16,169 + 1,289 \cdot h + 12,769 \cdot K_y, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

8.2 при укреплении шлаком

$$Q_{щ} = -16,271 + 1,457 \cdot h + 11,306 \cdot K_y, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

9 Устройство покрытия из черного щебня фракции 5–40 мм

9.1 чернощебенистая смесь фракции 5–40 мм

$Q_{ч.щ.} = -18,573 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
где $\gamma = 2,46–2,66 \text{ т}/\text{м}^3$;

9.2 подгрунтовка основания битумом 0,08 т/100 м².

10 Устройство покрытия фракционированного черного щебня

10.1 общий расход черного щебня фракции 5–40 мм

$Q_{ч.щ.} = -13,549 + 2,086 \cdot h + 5,515 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
в том числе щебень черный фракции 10–20 мм

$$Q_{ч.щ.} = -0,653 + 0,655 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$$

В том числе щебень черный фракции 5–10 мм

$$Q_{ч.щ.} = -0,028 + 0,321 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$$

где $\gamma = 2,50–3,20 \text{ т}/\text{м}^3$;

10.2 подгрунтовка основания битумом 0,08 т/100 м².

11 Устройство покрытия из горячего черного щебня изверженных пород

11.1 при использовании щебня фракции 20(25)–40 мм

$Q_{ч.щ.} = -17,593 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
битум вязкий

$$Q_6 = -0,488 + 0,079 \cdot h + 0,2215 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

11.2 при использовании щебня фракции 10(15)–20(25) мм

$Q_{ч.щ.} = -17,603 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
битум вязкий

$$Q_6 = -0,678 + 0,106 \cdot h + 0,295 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

11.3 при использовании щебня фракции 3(5)–10(15) мм

$Q_{ч.щ.} = -17,608 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$
битум вязкий

$$Q_6 = -0,773 + 0,119 \cdot h + 0,332 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2;$$

12 Устройство покрытия из горячего щебня осадочных пород

12.1 при использовании щебня фракции 20(25)–40 мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -17,603 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2, \text{ битум вязкий}$$

$$Q_o = -0,2989 + 0,0528 \cdot h + 0,1477 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.2 при использовании щебня фракции 10(15)–20(25) мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -17,613 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2, \text{ битум вязкий}$$

$$Q_o = -0,488 + 0,079 \cdot h + 0,222 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.3 при использовании щебня фракции 3(5)–10(15) мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -17,618 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2, \text{ битум вязкий}$$

$$Q_o = -0,583 + 0,092 \cdot h + 0,258 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

Потребность в строительных материалах дифференцирована по каждому виду работ: на основе расчета расхода материалов на единицу строительной продукции по формулам объемов дорожных конструкций, по геометрическим размерам в рабочих карточках проекта.

Расчет потребности в ресурсах по нормам расхода материалов

$$V = \sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot v_i, \quad (1)$$

где $H_{T,i}$ – норма расхода материала или полуфабриката на единицу i -й продукции;

v_i – количество единиц строительной продукции i -й номенклатуры согласно проектной документации;

N – количество видов строительных материалов согласно номенклатуре.

Учитывая объем материалов, следует обращать внимание на их качество. Подсчитывая объемы дорожных конструкций в рабочих чертежах, нужно учитывать расход материалов, вызываемый уплотнением песка, щебня, асфальто- и цементобетонов, других материалов, а также коэффициенты потерь.

Расчет потребности в строительных материалах по объему V , м³ производится по формуле

$$V = S \cdot h \cdot b \cdot k_{\text{уп}} \cdot k_{\text{мз}} \cdot k_{\text{ев}}, \quad (2)$$

где S – длина участка дороги, м;

h, b – соответственно толщина и ширина конструктивного элемента дороги, м;

$k_{\text{уп}}$ – коэффициент уплотнения, изменяется в пределах 1,05–1,45;

$k_{\text{мз}}$ – коэффициент производственных затрат;

$k_{\text{ев}}$ – коэффициент естественной убыли материала.

Потребность строительных материалов по массе V_m , определяется

$$V_m = S \cdot h \cdot b \cdot \gamma \cdot k_{\text{мз}} \cdot k_{\text{ев}}, \quad (3)$$

где γ – объемная масса материала или полуфабриката, $\gamma = 1,2–2,4$ т/м³.

В процессе транспортирования, перегрузки, хранения в ряде случаев имеют место непроизводственные потери материалов. Потери сыпучих материалов (щебня, песка, гравия) происходят главным образом при транспортировании автомобилями с неисправными кузовами. Пылевидные материалы теряются (цемент, минеральный порошок) при перевозке обычными (неспециальными) автомобилями.

Экономия в расходовании материалов может быть достигнута также непосредственно в процессе производства работ.

На практике дорожного строительства общая потребность объекта в материалах представляет собой сумму расходов материалов, рассчитанных по удельным нормативам на единицу продукции, по объему и по массе

$$V = \sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot v_i + \sum_{j=1}^J V_j + \sum_{k=1}^K V_{m,k}, \quad (4)$$

где V_j – расход материала на единицу j -й продукции, рассчитанный по объему;

$V_{m,k}$ – расход материала на единицу k -й продукции, рассчитанный по массе.

Выводы

Установлены зависимости удельного расхода материалов для строительства дорожной одежды лесовозных автомобильных дорог от толщины конструктивных слоев, объемной массы. Внедрение разработанных методик по ресурсному обеспечению технологических процессов при строительстве и ремонте 100 км дорог позволит снизить затраты на поставку материалов на 3–8 %.

Библиографический список

1. Боровик, В.С. Проектирование организации нововведений в дорожно-строительных работах: дис.... д-ра техн. наук / В.С. Боровик. – М., 1999. – 256 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАБОЧЕГО СЛОЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ

А.А. КАМУСИН, *проф. каф. транспорта леса МГУЛ, д-р техн. наук,*
Д.М. ЛЕВУШКИН, *ст. преп. каф. транспорта леса МГУЛ*

В стратегии развития лесопромышленного комплекса России на период до 2015 г. лесное дорожное строительство занимает одно из ведущих мест. Для повышения доступности лесных ресурсов России и сохранения конкурентоспособности предприятий необходимо создать развитую сеть лесовозных автомобильных дорог высокого качества, так как на долю перевозки древесины автопоездами приходится до 80–90 % от общего объема транспорта.

Темпы дорожного строительства в России сегодня намного ниже роста автомобильного парка страны. Так, при увеличении численности парка автотранспортных средств на 10–12 % в год общая протяженность и пропускная способность дорог растет менее чем на 1 % ежегодно. Отсутствие необходимого количества дорог – это лишь одна проблема, мешающая развитию экономики. Вторая – их качество. В настоящее время лишь 23 % протяженности территориальной дорожной сети соответствует нормативным требованиям по транспортно-эксплуатационному состоянию, не говоря уже о дорогах местного значения, которые редко ремонтируются из-за недостатка финансирования. Это определяет крайне тяжелые условия работы дорог и их повышенный износ, вызываемый высокой интенсивностью деградиционных процессов. Впрочем, только вложением большего количества денег проблему не решить. Необходимо повышать качество их строительства.

Неудовлетворительное состояние значительной части сети дорог, недостаточная их протяженность и развитость, увеличение изнашивающего воздействия на дорожную одежду постоянно растущего грузового движения, дефицит средств, направляемых на строительство и эксплуатацию лесовозных ав-

kamusin@mgul.ac.ru; levushkin@mgul.ac.ru
томобильных дорог, привели к необходимости создания комплекса мероприятий по оптимизации программы дорожных работ и обеспечения эффективности использования вкладываемых в дороги средств с целью эффективного управления их качеством. Дорожные одежды лесовозных автомобильных дорог устраивались с широким применением низкопрочных местных материалов, земляное полотно дорог зачастую возводилось из слабых гумуссированных грунтов придорожной полосы. С учетом этих факторов и исходя из двадцатилетней продолжительности жизненного цикла дорог можно сделать вывод, что их прочностные характеристики не соответствуют современным требованиям, что приводит к их ускоренному износу при пропуске эксплуатируемых в настоящее время транспортных средств.

Отсутствие необходимых строительных материалов в районах строительства лесовозных дорог заставляет искать различные способы укрепления проезжей части дорог. Стабилизация грунтов заключается в том, что в дорожный грунт вносят вяжущие органические или минеральные вещества. Для этой цели используют известь, битумы и др.

Работоспособность проезжей части – технико-экономический показатель, характеризующий полезную работу дорожного покрытия за время ее службы. Поскольку одним из базовых факторов сохранности слоя поверхностной обработки являются свойства вяжущего, для изучения связей в подсистеме «вяжущее–щебень» были проведены исследования по сохранности рабочего слоя лесовозных автомобильных дорог в зависимости от применяемого модификатора и свойств модифицированных битумов [1].

Для проведения экспериментальных исследований были использованы битумно-

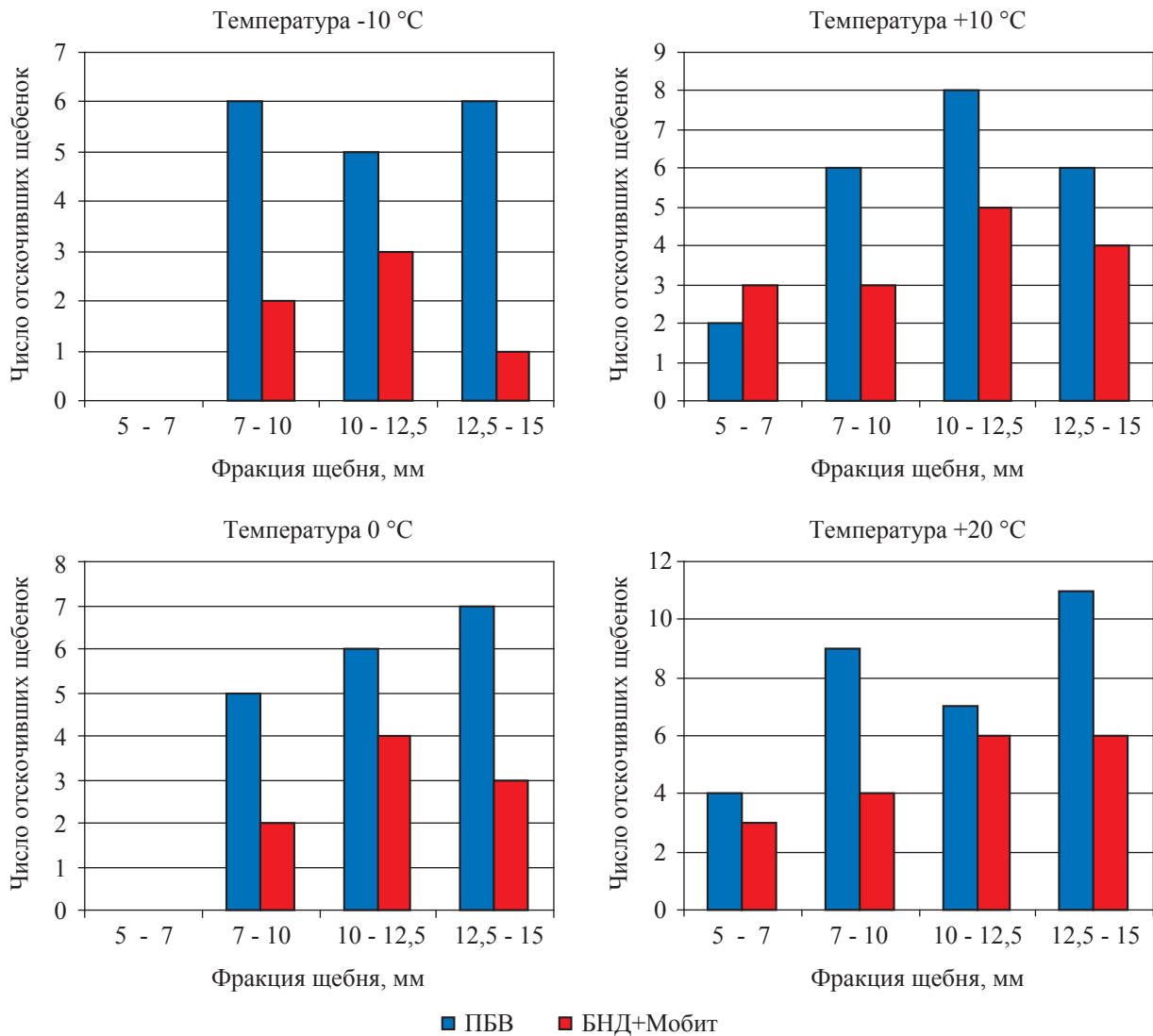


Рис. 1. Зависимость сохранности рабочего слоя от вида вяжущего, крупности применяемого щебня и температуры испытания

каучуковые вяжущие с применением синтетических каучуков общего назначения типов СКД, СКС-ЗОАРКПН, СКС-ЗОАРК, СКС-ЗОАРКМ– 27, СКС-30 АРКМ-15 с содержанием полимера в вяжущем в количестве 2,0 – 3,0 %, а также полимерно-битумное вяжущее марки ПБВ 60, содержащее 3,5 % модификатора ДСТ 30-01, и битум марки БНД 60/90 с применением полимерного ПАВ «Мобит» в количестве 2,0 % по массе. Полимерно-битумное вяжущее отличается от битума повышенной температурой размягчения и более высокими значениями показателей деформативных свойств. У битума с добавкой «Мобит» за счет применения ПАВ более высокое сцепление с гранитом. Наилучшим комплексом физико-механических показателей обладают

битумно-каучуковые вяжущие, которые обладают повышенными показателями деформативных свойств (растяжимостью и глубиной проникания иглы при 0 °C) и сцеплением с минеральным материалом.

О структурной сохранности слоя поверхностной обработки судили по результатам испытаний по методу «Vialit». Этот метод является реализацией физической модели однофакторного воздействия на связи в системе «вяжущее–щебень» путем динамического ударного воздействия. Это позволяет судить о величине адгезии вяжущего к щебню и объемной когезии самого вяжущего, а также об устойчивости этих свойств при различных температурах и фракциях применяемого щебня.

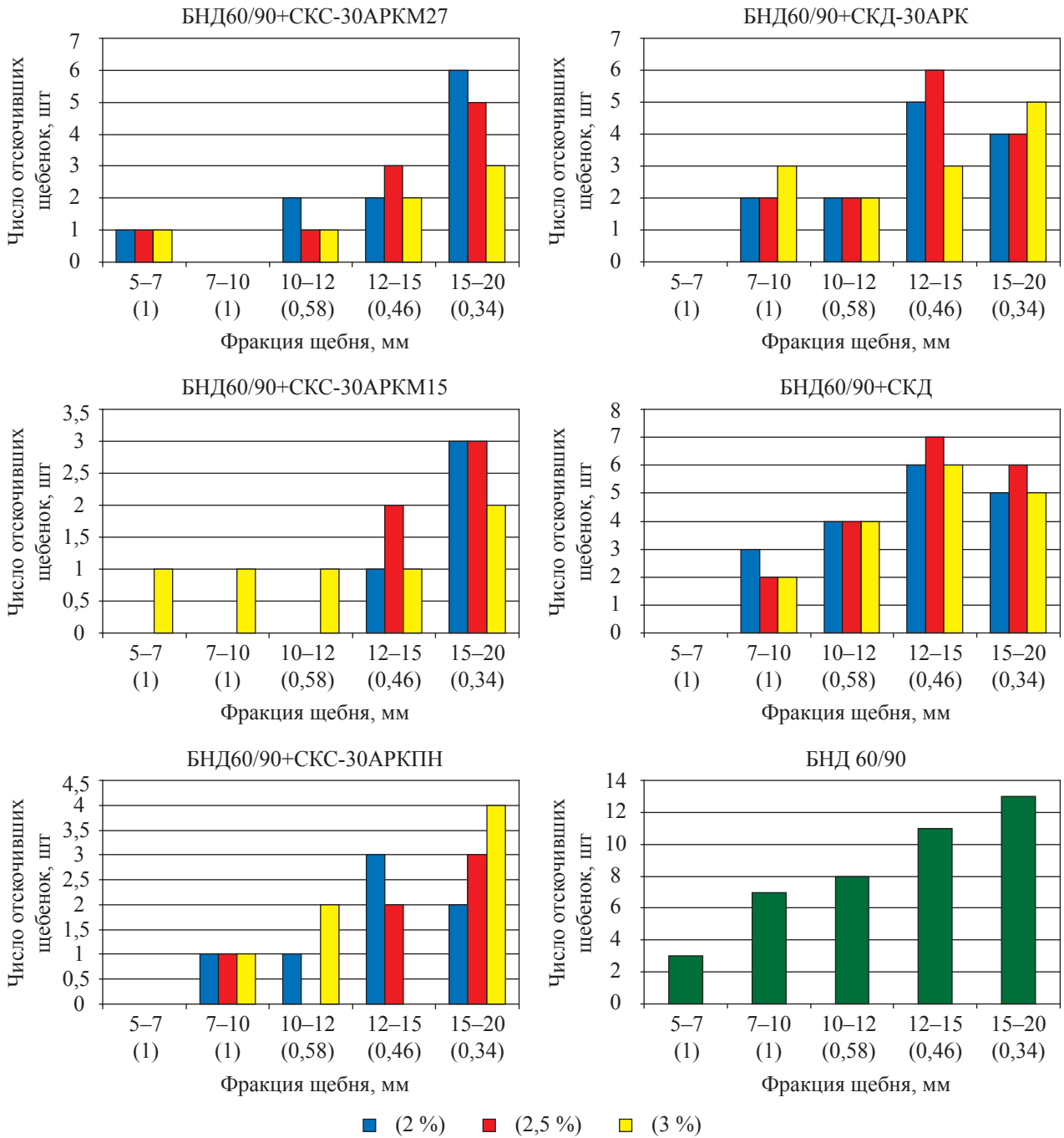


Рис. 2. Зависимость сохранности слоя ШПО на основе БКВ от типа каучука, его содержания в вяжущем и фракции щебня при температуре испытания $t = -10^{\circ}\text{C}$ и расходе вяжущего $0,4 \text{ л/м}^2$

На начальном этапе исследования был выбран диапазон температур от -10 до 50°C , а в качестве вяжущих были использованы полимерно-битумное вяжущее марки ПБВ 60, содержащее 3,5 % модификатора ДСТ 30-01, и битум марки БНД 60/90 с применением полимерного ПАВ «Мобит». Расход вяжущего составил минимальный уровень $0,4 \text{ л/м}^2$. Результаты испытаний рабочего слоя с применением в качестве вяжущего ПБВ и битума с

добавкой «Мобит» по методу «КиШ» приведены на рис. 1.

Как следует из результатов испытаний с применением ПБВ и битума с ПАВ «Мобит» (рис. 1), во всем диапазоне исследованных температур битум с добавкой ПАВ обеспечивает более высокую сохранность щебенки в рабочем слое в сравнении с полимерно-битумным вяжущим. Это можно объяснить более высоким сцеплением битума с

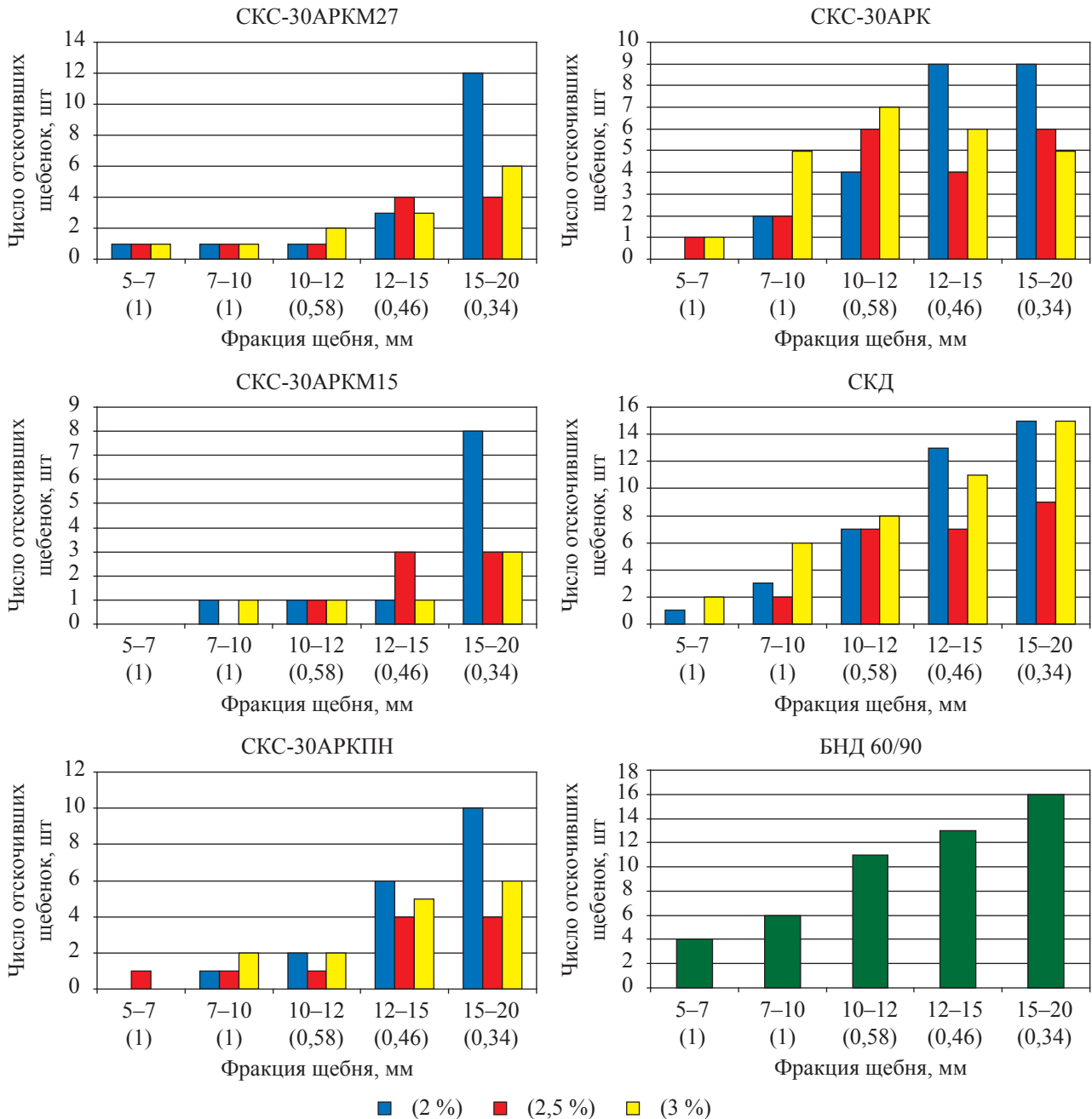


Рис. 3. Зависимость сохранности слоя лесовозных автомобильных дорог на основе БКВ от типа каучука, его содержания в вяжущем и фракции щебня при температуре испытания $t = 20^{\circ}\text{C}$ и расходе вяжущего $0,4 \text{ л/м}^2$

гранитным щебнем в сравнении с указанным показателем полимерно-битумного вяжущего. Таким образом, проведенное исследование показало, что в диапазоне температур $-10...+20^{\circ}\text{C}$ определяющим показателем сохранности рабочего слоя и устойчивости связей в системе «вяжущее–щебень» являются адгезионные свойства вяжущего. Наличие у вяжущего эластичности и повышенных значений показателей деформативных свойств в

указанном диапазоне температур менее значительно повлияло на сохранность слоя поверхностной обработки.

Полученные предварительные результаты исследования показали, что наиболее определяющим показателем сохранности рабочего слоя в диапазоне температур $-10...+20^{\circ}\text{C}$ является показатель сцепления вяжущего с минеральным материалом. Вместе с тем, при более высоких температурах до $+50^{\circ}\text{C}$

высокая теплоустойчивость модифицированного битума позволит заметно повысить эффективность его применения. Таким образом, в диапазоне температур $-10...+50^{\circ}\text{C}$ наиболее эффективным будет применение модифицированных битумов, которые отличаются не только повышенной деформативностью и теплоустойчивостью, но и улучшенными адгезионными связями с минеральными материалами. К таким вяжущим относятся битумно-каучуковые, получаемые на основе синтетических каучуков общего назначения различных типов [2]. Поэтому была изучена возможность применения для устройства рабочих слоев битумно-каучуковых вяжущих. Указанные вяжущие в силу технологии их получения отличаются повышенным сцеплением с минеральным материалом, высокими физико-механическими характеристиками и внутренними объемными связями [3]. Для исследований был принят диапазон температур $-10...+50^{\circ}\text{C}$, т. к. потери минерального материала при испытании по методу «КиШ» увеличиваются при повышении температуры (рис. 1).

Как показали результаты эксперимента, значительную роль на сохранности минеральных частиц в рабочем слое играет размер применяемых щебенков. На приведенных диаграммах рис. 1 отчетливо видно, что чем меньше размер применяемого щебня, тем выше его сохранность в слое во всем диапазоне рассматриваемых температур. Поэтому в качестве фактора, применяемого для дополнительной оценки сохранности рабочего слоя, нами был введен относительный условный показатель погружения ОУП, т.е. условная относительная высота обволакивания зерна щебня вяжущим. Для наименьшей фракции применяемого щебня $5...7$ мм, величина погружения которого в слой вяжущего максимальна (а следовательно, удерживающая способность близка к идеальной) для фиксированного значения расхода вяжущего, условный относительный показатель принят за единицу.

Для более крупных фракций значение ОУП составляет долю единицы в зависимости от глубины погружения зерна в слой вяжущего

и конкретно составляет для фракций: $5-7$ мм – 1 ед.; $7-10$ мм – 0,7 ед.; $10-12$ мм – 0,58 ед.; $12-15$ мм – 0,47 ед.; $15-20$ – 0,35 ед. Эти величины для тех же фракций щебня, но иного расхода вяжущего (например, $0,6$ л/м² или более) имеют те же самые значения. Из этого можно сделать вывод, что главным фактором, определяющим долговечность рабочего слоя, являются свойства вяжущего, определенные при любом его фиксированном расходе для заданной фракции щебня.

Результаты оценки сохранности рабочего слоя с применением битумно-каучукового вяжущего на основе синтетических каучуков общего назначения типов СКД, СКС-30 АРКПН, СКС-30 АРКМ-27, СКС-30 АРКМ-15 с содержанием полимера в вяжущем в количестве $2,0... 3,0$ % показаны на диаграммах рис. 2,3.

Как следует из результатов, более высокая сохранность слоя характерна для условной высоты погружения со значением ближе к единице с более высоким расходом вяжущего ($0,6$ л/м²), а также при нормальных и отрицательных температурах $-10... -20^{\circ}\text{C}$. Наименьшая сохранность слоя лесовозных автомобильных дорог наблюдается при низком значении показателя высоты погружения, наименьшем расходе вяжущего и повышенных температурах $+50^{\circ}\text{C}$. При рассмотрении зависимости сохранности рабочего слоя от вида применяемого модификатора было отмечено, что наиболее эффективно применение каучуков типа СК-30 АРКПН, СКС-30 АРКМ-15 и менее эффективными являются каучуки типа СКД и СКС-30 АРКМ – 27.

Применение БКВ на основе каучуков СКС-30 АРКПН или СКС-30 АРКМ-15 с расходом $0,6$ л/м кв. при более высоких значениях показателя высоты погружения щебня (т.е. для фракций щебня $5-7$ и $7-10$ мм) в наибольшей степени позволяет повысить сохранность рабочего слоя лесовозных автомобильных дорог.

Наиболее низкая сохранность рабочего слоя во всем диапазоне температур при любых значениях показателя условной высоты погружения и расходе вяжущего установ-

лена при применении традиционного битума марки БНД 60/90.

Вывод. Проведенный эксперимент позволил установить более высокую эффективность применения модифицированных битумов для повышения сохранности слоя лесовозных автомобильных дорог, а также определить оптимальные технологические параметры при устройстве слоя лесовозных автомобильных дорог: расход модифицированного вяжущего, фракцию применяемого щебня, вид используемого модификатора.

Библиографический список

1. Скрышников, А.В. Технический отчет оценки прочности дорожной одежды автомобильной дороги местного значения «Ираель–Ижма–Усть-Цильма» / А.В. Скрышников, Е.В. Кондрашова. – Сыктывкар, 2009. – 32 с.
2. Калгин, Ю.И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю.И. Калгин. – Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. ун-та, 2006. – 272 с.
3. Кретов, В.А. Проблемы повышения качества дорожных битумов: экономические и технические аспекты / В.А. Кретов, А.В. Руденский // Дороги России 21 века. – № 3. – 2002. – С. 62–65.

СБОРНО-РАЗБОРНОЕ ПОКРЫТИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СТЫКОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук*

dmafonichev@yandex.ru

Известно много различных конструкций сборных и сборно-разборных покрытий автомобильных дорог, которые использовались как на дорогах общего пользования [1, 2], так и на промышленных автодорогах [2–5]. Наиболее слабым местом практически всех известных сборных и сборно-разборных покрытий автомобильных дорог являются их стыковые соединения.

Известны конструкции стыков, которые отличаются простотой, но ненадежны в

эксплуатации. К таким конструкциям, в частности, относится сборно-разборное покрытие автомобильной дороги, состоящее из плит, имеющих в торцах углубления пазы, в которые вставляются деревянные бруски 5×5×40 см, обеспечивающие соединение плит в колесопроезд [4, 5].

Недостатками данного сборно-разборного покрытия являются низкая надежность в эксплуатации из-за несовершенства конструкции стыкового соединения и поперечно-

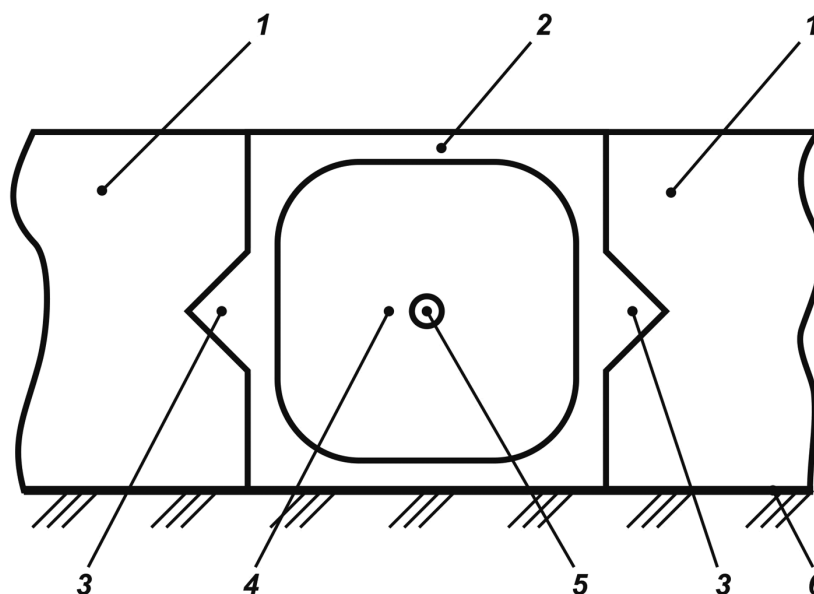


Рис. 1. Пневматическое стыковое соединение сборно-разборного покрытия автомобильной дороги (вид сбоку)

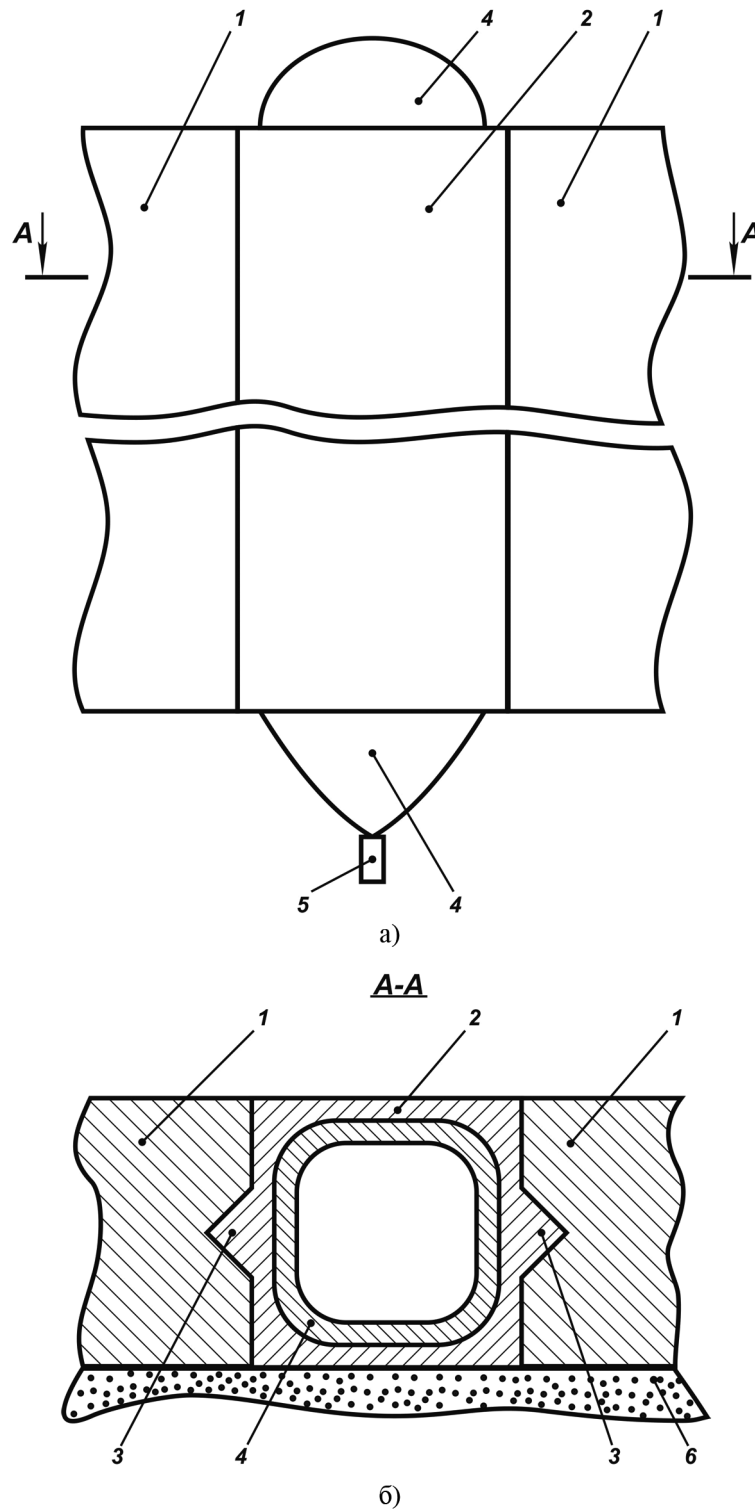


Рис. 2. Сборно-разборное покрытие автомобильной дороги: а – вид сверху; б – разрез А-А

го шва, сложность сборки и разборки покрытия.

Вышеуказанных недостатков лишена конструкция сборно-разборного покрытия с пневматическими стыковыми соединениями, защищенная патентом РФ на изобретение [6]. Пневматическое стыковое соединение сбор-

но-разборного покрытия автомобильной дороги показано на рис. 1.

Сборно-разборное покрытие с пневматическими стыковыми соединениями (рис. 2) включает плиты 1 с торцевыми пазами, между торцами плит расположены шины 2, выполненные в виде труб прямоугольного

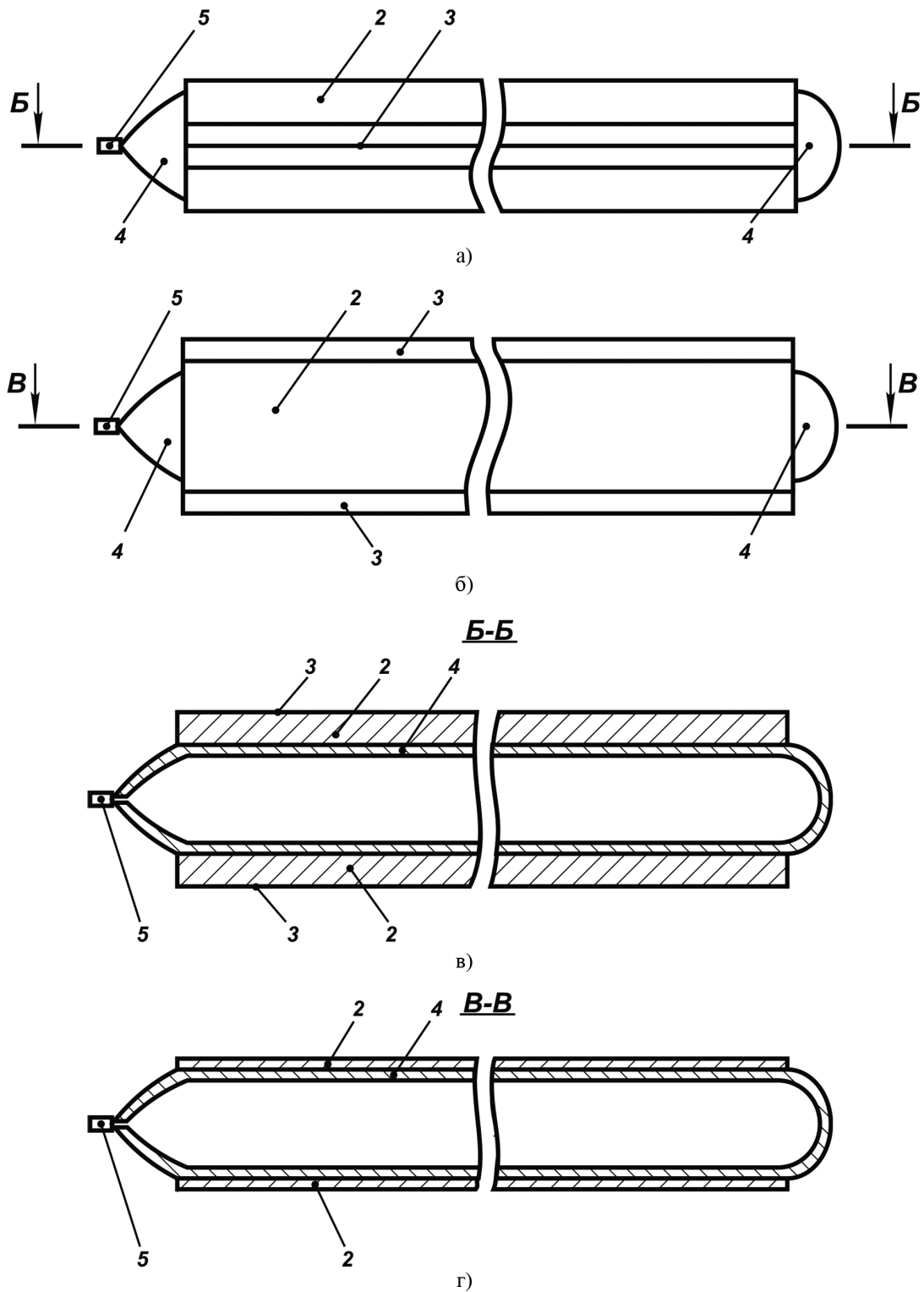


Рис. 3. Шина с расположенной внутри пневматической камерой, обеспечивающая соединение плит в колесопровод: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – разрез Б-Б; г – разрез В-В

поперечного сечения длиной, равной ширине плит 1, и толщиной, равной толщине плит 1. По боковым граням шин 2 размещены шипы 3, входящие в торцевые пазы плит 1. Внутри шин размещаются пневматические камеры 4,

заполняемые сжатым воздухом, заполнение пневматических камер сжатым воздухом и его удержание обеспечиваются ниппелем 5. Сборно-разборное покрытие опирается на основание 6.

На рис. 3 показана шина с расположенной внутри пневматической камерой, обеспечивающая соединение плит в колесопроезд.

Усилие прижатия пневматических шин к торцам плит обеспечивается давлением воздуха в пневматических камерах, что упрощает операции монтажа и демонтажа стыковых соединений.

Давление воздуха в пневматических камерах 4 необходимо периодически измерять и подкачивать их. Регулирование давления воздуха в пневматических камерах 4 обеспечивает оптимальные условия работы сборно-разборного покрытия в зимний и летний периоды.

При сборке покрытия плиты 1 с торцевыми пазами укладывают на основание б с разрывами, равными ширине пневматической шины 2, при помощи шаблона. В разрывы между плитами 1 вставляют пневматические шины 2 с уложенными в них сдутыми пневматическими камерами 4 таким образом, чтобы шипы 3 шин 2 входили в торцевые пазы плит 1. Через ниппели 5 насосом или компрессором пневматические камеры 4 заполняют сжатым воздухом. За счет давления воздуха в пневматической камере 4 шина 2 расширяется и заполняет поперечный шов, вдавливая шипы 3 в торцевые пазы плит 1 и тем самым обеспечивает соединение плит 1 в колесопроезде.

При эксплуатации сборно-разборного покрытия в результате действия внешних нагрузок верхние торцы плит 1 сближаются, а нижние расходятся и наоборот. При сближении торцов смежных плит 1 шины 2, упруго деформируясь, воспринимают сжимающие усилия, а при расхождении торцов обеспечивают заполнение расширяющегося поперечного шва за счет давления воздуха в пневматических камерах 4.

Поперечный шов в период эксплуатации по всей высоте остается заполненным, что исключает вдавливание нижних торцевых ребер плит 1 в основание б, а следовательно – осадку торцов плит 1, и в результате упругости пневматических устройств не накапливает остаточных деформаций, что повышает работоспособность стыкового соединения.

При разборке покрытия откручивают ниппели 5 и спускается воздух из пневмати-

ческих камер 4, в результате чего пневматические шины 2 сжимаются и свободно вынимаются из межторцовых промежутков плит 1, после чего плиты 1 отрываются от основания б и погружаются на транспортные средства.

Предлагаемые шины для соединения плит в колесопроезд, выполненные в виде труб прямоугольного поперечного сечения, по боковым граням которых размещены шипы и внутри которых расположены пневматические камеры, заполненные сжатым воздухом. Упруго деформируясь, они воспринимают сжимающие усилия, вызываемые сближением торцов смежных плит при действии внешних нагрузок, а при расхождении торцов смежных плит, что происходит в результате приложения и снятия внешних нагрузок, за счет давления воздуха в пневматических камерах обеспечивают заполнение расширяющегося поперечного шва и тем самым предотвращают накопление остаточных деформаций в элементах стыкового соединения и поперечного шва, повышая их работоспособность, а также вдавливание нижних торцевых ребер плит в основание и, следовательно, осадку торцов плит. В результате повышается надежность сборно-разборного покрытия в эксплуатации.

Библиографический список

1. Сборные покрытия автомобильных дорог / Под ред. В.М. Могилевича. – М.: Высшая школа, 1972. – 384 с.
2. Афоничев, Д.Н. Анализ конструкции, технологии строительства и эксплуатации сборных покрытий автомобильных дорог / Д.Н. Афоничев. – Воронеж: ВГЛТА, 1997. – 92 с.
3. Савельев, В.В. Обоснование типа и конструкции дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01: защищ. 01.03.2006 г. / В.В. Савельев. – Йошкар-Ола, 2005. – 551 с.
4. Транспорт леса. В 2-х т. – Т. 1. Сухопутный транспорт / Под ред. Э.О. Салминена. – М.: ИЦ «Академия», 2009. – 368 с.
5. Сухопутный транспорт леса / Под ред. В.И. Алябьева. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 416 с.
6. Пат. 2377359 РФ, МПК Е 01 С 9/08. Сборно-разборное покрытие автомобильной дороги / Д.Н. Афоничев; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008127018/03; заявл. 02.07.2008; опубл. 27.12.2009, бюл. № 36.

ПРОИЗВОДСТВО КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ

А.А. ШЕВЛЯКОВ, доц. каф. процессов и аппаратов д/о производств МГУЛ, канд. техн. наук,
В.И. ПАНФЕРОВ, доц. каф. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ, канд. техн. наук,
С.А. ШЕВЛЯКОВ, асс. каф. стандартизации и сертификации в лесной отрасли МГУЛ,
А.П. МАРКИН, асп. каф. процессов и аппаратов д/о производств МГУЛ

shevlyakov@mgul.ac.ru; panferov@mgul.ac.ru; caf-sertif@mgul.ac.ru; markin@mgul.ac.ru

В настоящее время в мире накоплено большое количество вторичных отходов различного происхождения. Их объем постоянно продолжает расти, что создает угрозу для окружающей среды. Способы утилизации отходов разнообразны, однако большинство из них приводит к безвозвратным потерям ценных природных ресурсов. Очевидно, что возвращение в сферу производства отдельных видов отходов как сырья является одним из наиболее рациональных путей их использования. Поэтому во всем мире проблеме переработки отходов в конечную продукцию уделяют особое внимание.

Главные трудности в широком использовании вторичных отходов можно сформулировать следующим образом [1]:

1. Технология переработки вторичных отходов сложнее, чем первичного сырья. Это происходит из-за большого разброса основных свойств отходов и частичной утраты ими первоначальных характеристик, а также различной загрязненности, что ведет к необходимости введения дополнительных операций, таких как сортировка, измельчение, мойка, разделение по видам согласно свойствам, сушка и некоторые другие.

2. Имеющееся оборудование, предназначенное для переработки первичного сырья, часто не подходит для переработки вторичных отходов вследствие быстрого износа рабочих органов, трудности или невозможности добиться качественного измельчения компонентов.

3. Разработка и доводка новых технологий и оборудования для переработки большинства вторичных отходов требуют существенных капитальных вложений.

4. В настоящее время практически не организован широкий сбор и сортировка различных видов вторичных отходов.

Все эти трудности являются организационными, и их можно преодолеть, объединив усилия различных предприятий и ведомств.

Основными задачами, которые необходимо решить для широкого использования вторичных отходов в различных производствах, являются:

1. Разработка и организация эффективной системы сбора и сортировки вторичных отходов.

2. Разработка эффективных методов и технологий подготовки и первичной переработки вторичных отходов. Обеспечение этих стадий высокомеханизированным оборудованием, способным выполнить качественно сортировку, мойку, сушку, измельчение и другие необходимые операции.

3. Разработка эффективных технологических процессов производства различных материалов и изделий с заданными конечными свойствами, для которых в качестве сырья или отдельных компонентов используются подготовленные и подвергнутые первичной переработке вторичные отходы. Создание высокомеханизированных и автоматизированных поточных линий для внедрения этих технологических процессов в производство.

4. Разработка эффективных подходов по использованию различных материалов и изделий, изготовленных с использованием вторичных отходов, и поиск наиболее приемлемых для них областей применения.

Применение современных комплексов для сбора, сортировки, подготовки и переработки производственных и бытовых отходов

позволяет существенно упростить задачу возвращения их в сферу производства. Такие комплексы легко адаптировать к местным условиям в зависимости от состава, качества и количества производственных и бытовых отходов. Подготовка и первичная переработка выделяемых вторичных отходов возможна как на самих комплексах, так и на местах, где они будут использоваться. Однако следует отметить, что такие выделяемые отходы, как бумага, термопластичные пленки и некоторые другие, сильно загрязнены, их вторичная переработка затруднена. Поэтому сортировку желательно производить в местах накопления методом разделения по видам отходов.

Для некоторых из выделяемых вторичных отходов, таких как черные и цветные металлы, бумага, стекло и текстиль, основные области повторного использования уже давно являются традиционными и эффективными. Для других же, таких как древесина, резина и особенно термопластичные полимеры, области повторного использования только начинают разрабатываться и имеют специфические особенности и сложности, обусловленные большим разнообразием видов этих отходов, их структуры и свойств, широким ассортиментом изделий и различными условиями их эксплуатации.

Одной из наиболее перспективных областей использования производственных и бытовых отходов, по нашему мнению, является использование отдельных видов вторичных отходов в качестве компонентов при производстве различных композиционных материалов. Уровень развития современных технологий позволяет создать целый ряд новых композиционных материалов, в которых отходы могут с успехом использоваться в качестве исходного сырья. Например, вторичные отходы древесины или другого растительного сырья, резины, бумаги и терморезистивных полимеров, измельченные до необходимого состояния, могут быть использованы в качестве наполнителей при производстве широкого спектра композиционных материалов. Специальным образом измельченные вторичные отходы термопластичных полимеров являются прекрасным связующим, обладающим высо-

кими адгезионными свойствами. Такой подход к проблеме утилизации отходов позволяет решить одновременно две проблемы – экологическую и экономическую.

В последние годы появилось достаточно много работ по исследованию разнообразных композиционных материалов на термопластичных связующих, таких как полиэтилен, полипропилен, полихлорвинил, с использованием в качестве наполнителя древесины, резины и бумаги и других органических и неорганических материалов, полученных при помощи плоского, компрессионного или экструзионного прессования [2–8 и др.]. Такие композиционные материалы нетоксичны, водостойки, удобны для последующей утилизации. Все это позволяет считать, что они, являясь экологически чистой продукцией, займут достойное место в ряду традиционных композиционных материалов. Во всех работах отмечается перспективность использования термопластов как материала для приготовления связующего. В основе такого вывода лежит тот факт, что практически любые термопласты при температуре плавления обладают повышенной текучестью и адгезией к древесине, бумаге и многим другим волокнистым материалам.

Однако, несмотря на такой вывод, практических работ по использованию термопластов в качестве связующего было проведено крайне мало. Объяснение этому следует искать в том, что по сложившейся практике для изготовления связующего применяли в основном чистые термопласты, а технология их подготовки и смешивания с наполнителем не позволяла получить композиционные материалы с содержанием связующего менее 40–50 массовых частей. В результате получаемые композиционные материалы, как по стоимости, так и по физико-механическим свойствам, мало чем отличались от известных пластмассовых изделий с наполнителем. Фактически в этих материалах термопласт играл роль не связующего, а полимерной матрицы, в которую внедрен наполнитель, и областью применения таких материалов является изготовление традиционных изделий из пластмасс.

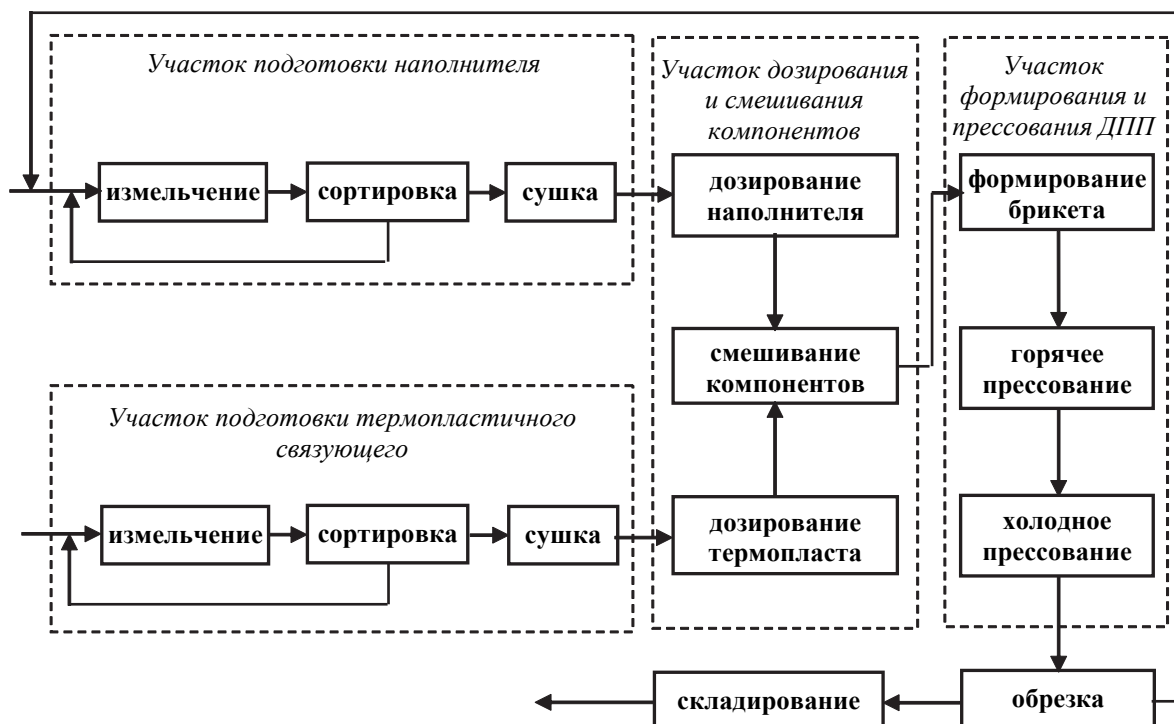


Рис. 1. Технологический процесс производства ДПП

На кафедре процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса был предложен принципиально новый подход к использованию термопластов в композиционных материалах [6–8]. Суть его состоит в том, что за счет специальной предварительной подготовки термопласта, основанной на его измельчении, удастся получить композиционный материал с содержанием связующего не более 15–20 % от массы абсолютно сухого наполнителя. В этом случае термопласт в композите играет роль клеевой прослойки, соединяющей твердые частички наполнителя в единый жесткий каркас. Полученный композиционный материал при использовании в качестве наполнителя древесины или другого растительного сырья по свойствам близок к древесно-стружечным плитам, но отличается экологической чистотой за счет отказа от применения синтетических связующих материалов. Следует также отметить, что такой подход позволяет применять в качестве связующего отходы термопластов, в том числе смешанные и загрязненные, без предварительной сортировки по видам и мойки. Это, а также малый расход термопласта, используемого в качестве связующего, позволяет получать плиты, имею-

щие меньшую по сравнению с древесно-стружечными плитами (ДСтП) себестоимость при близких потребительских свойствах.

Основными технологическими особенностями процесса изготовления таких композиционных материалов являются:

- ориентация на использование в качестве сырья различного вида отходов;
- использование в качестве связующего сухого мелкодисперсного термопласта;
- двухстадийное горячее – холодное плоское прессование.

Одним из материалов, изготавливаемых по указанной технологии, являются древесно-полимерные плиты (ДПП). На ДПП разработаны и зарегистрированы в Минстрое РФ и Госстандарте технические условия (ТУ 5530-001-17252800-92. Плиты древесно-полимерные для строительства). Технологический процесс производства ДПП, имея существенные отличия, во многом напоминает процесс изготовления (ДСтП) и включает четыре основных участка:

- участок подготовки наполнителя;
- участок подготовки термопластичного связующего;
- участок дозирования и смешивания компонентов;

– участок формирования и прессования плит.

Схема технологического процесса производства ДПП представлена на рис. 1.

Наиболее ответственным и важным в этом технологическом процессе является прессование. В связи с тем, что в качестве связующего используют соответствующим образом измельченный термопласт, процесс прессования состоит из двух стадий – горячего и холодного прессования. При этом температура плавления термопластов (полиэтилен, полипропилен и др.) значительно выше, чем температура, необходимая при прессовании композиционных материалов на традиционных термореактивных связующих. Поэтому на продолжительность прессования существенное влияние оказывает начальная влажность пресскомпозиции. Эти и ряд других особенностей, связанных с технологией производства таких композиционных материалов, требуют дополнительного изучения процесса прессования.

На общую продолжительность цикла горячего прессования композиционных материалов значительно влияет время прогрева пресскомпозиции до требуемой по технологии температуры [6].

В случае контактного нагрева брикета с заданными параметрами увеличить темп прогрева можно только за счет интенсификации теплопереноса от греющих поверхностей к центру брикета. При прессовании влажных капиллярно-пористых материалов, таких, например, как древесно-стружечные плиты, прогрев достигается не столько за счет теплопроводности, сколько за счет переноса образующегося в наружных слоях пара вглубь брикета и его конденсации. Ускорение этого процесса может достигаться увеличением температуры плит горячего пресса продувкой брикета паром, увеличением влажности пластей брикета («паровой удар») и некоторыми другими способами. Все эти способы хорошо известны и применяются на практике для композитов на термореактивных связующих, отверждение которых происходит при относительно невысоких температурах (373–393 К).

Однако при прессовании композиционных материалов на термопластичном связующем требуется достижение в прессуемом материале более высоких температур – 413–443 К в зависимости от вида используемого в качестве связующего термопласта. Достижение таких температур при контактном нагреве во влажном материале до его высыхания невозможно. Поэтому при прессовании таких плит исходную влажность пресскомпозиции обычно берут минимальную [6]. При такой низкой влажности парообразование практически не происходит и прогрев идет в основном только за счет механизма теплопроводности. С учетом невысокого коэффициента теплопроводности сухой пресскомпозиции наиболее простым представляется путь ускорения прогрева за счет увеличения температуры прессования. Но при температурах свыше 473 К возникает опасность деструкции органического наполнителя в наружных слоях прессуемого брикета, что и ограничивает верхний предел температуры нагревательных плит пресса.

При допустимых температурах плит пресса и минимальной влажности брикета темп прогрева – практически за счет одной теплопроводности – недостаточно высок, особенно на начальной стадии прессования, в связи с чем продолжительность процесса горячего прессования достаточно велика, производительность низка и производство может стать невыгодным.

Как показали экспериментальные исследования [6], увеличение начальной влажности брикета с 2 до 8 % приводит к увеличению времени его прогрева до температуры 423 К с 640 до 1020 с, то есть почти в два раза. Вместе с тем при большей влажности прогрев брикета на начальной стадии прессования происходит более интенсивно, и время достижения температуры 373 К составляет на влажном брикете 210 с против 330 с на сухом. Стадия прогрева считается законченной при достижении в центре брикета температуры кипения влаги при соответствующем давлении. На графиках, построенных для брикетов с древесным наполнителем (рис. 2), это отражается в перегибе температурной кривой и выходе ее на участок, близкий к горизонтальному. На этой

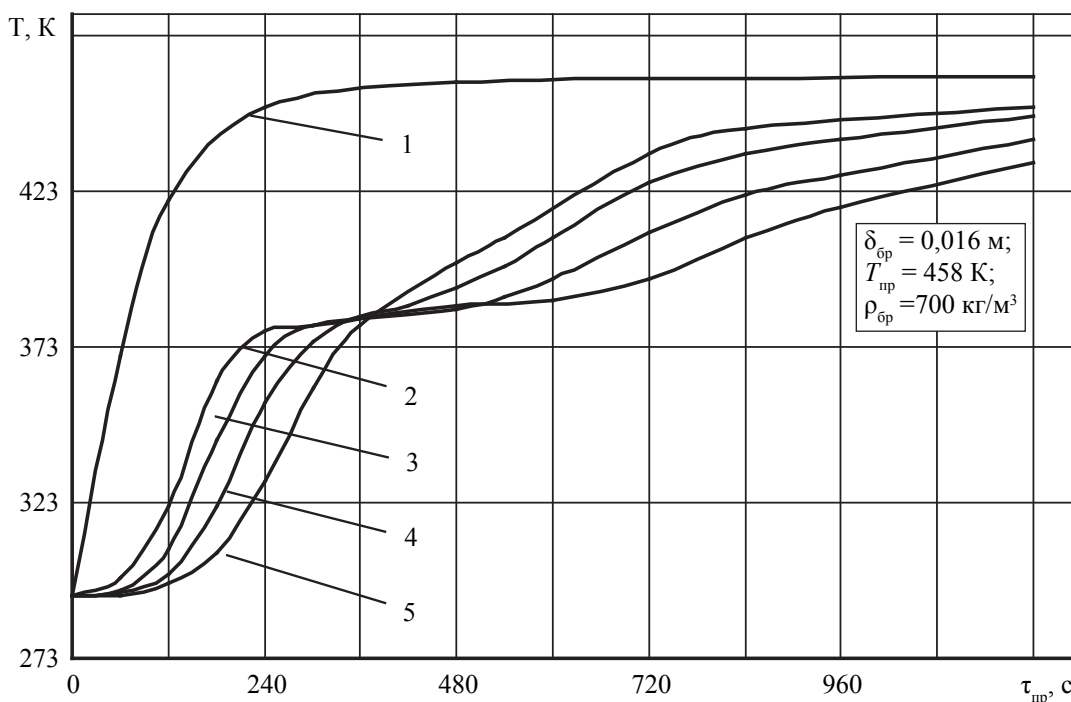


Рис. 2. Изменение температуры поверхности и центра брикета в процессе горячего прессования при различной начальной влажности древесно-полимерной композиции: 1 – температура поверхности брикета; 2 – $W_{бр} = 8\%$; 3 – $W_{бр} = 6\%$; 4 – $W_{бр} = 4\%$; 5 – $W_{бр} = 2\%$

стадии прессования происходят интенсивное испарение и унос влаги из брикета. При этом продолжительность стадии «выпаривания» тем больше, чем выше начальная влажность пресскомпозиции. После высушивания брикета рост температуры возобновляется, но уже за счет теплопроводности.

Таким образом, для сокращения продолжительности прессования более рационально производить прогрев брикета при повышенной начальной влажности, а затем организовать процесс прессования таким образом, чтобы максимально сократить время сушки брикета и возможно быстрее перейти к третьей стадии прессования – подъему температуры до требуемого по технологии значения.

Для достижения этой цели предложен способ прессования, при котором после начала интенсивного испарения влаги в брикете производится сброс давления прессования до минимального – без размыкания плит прессы. При этом происходит распрессовка со снижением плотности брикета и интенсивное удаление парогазовой смеси из брикета по контактными слоям между плитами прессы

и поверхностью брикета. Тем самым достигаются условия, способствующие быстрому отводу влаги и ускоренной сушке брикета непосредственно в горячем прессе. Количество таких промежуточных сбросов давления может быть различно и зависит прежде всего от начальной влажности и плотности брикета.

На рис. 3 приведены сравнительные результаты экспериментов по прессованию ДПП по традиционной диаграмме прессования без промежуточного сброса давления (пунктирные линии) и по диаграмме с промежуточным сбросом давления (сплошные линии) [6].

Как видно из графиков на рис. 3, даже при использовании пресскомпозиции с начальной влажностью 8 % можно сократить общий цикл прессования с 1200 до 840 с, то есть примерно на 30 %.

Следует отметить, что предлагаемый способ прессования с промежуточным сбросом давления нельзя использовать при изготовлении композиционных материалов на термореактивных связующих. Сброс давления и распрессовка брикета приведут в этом случае к разрушению уже образовавшихся на

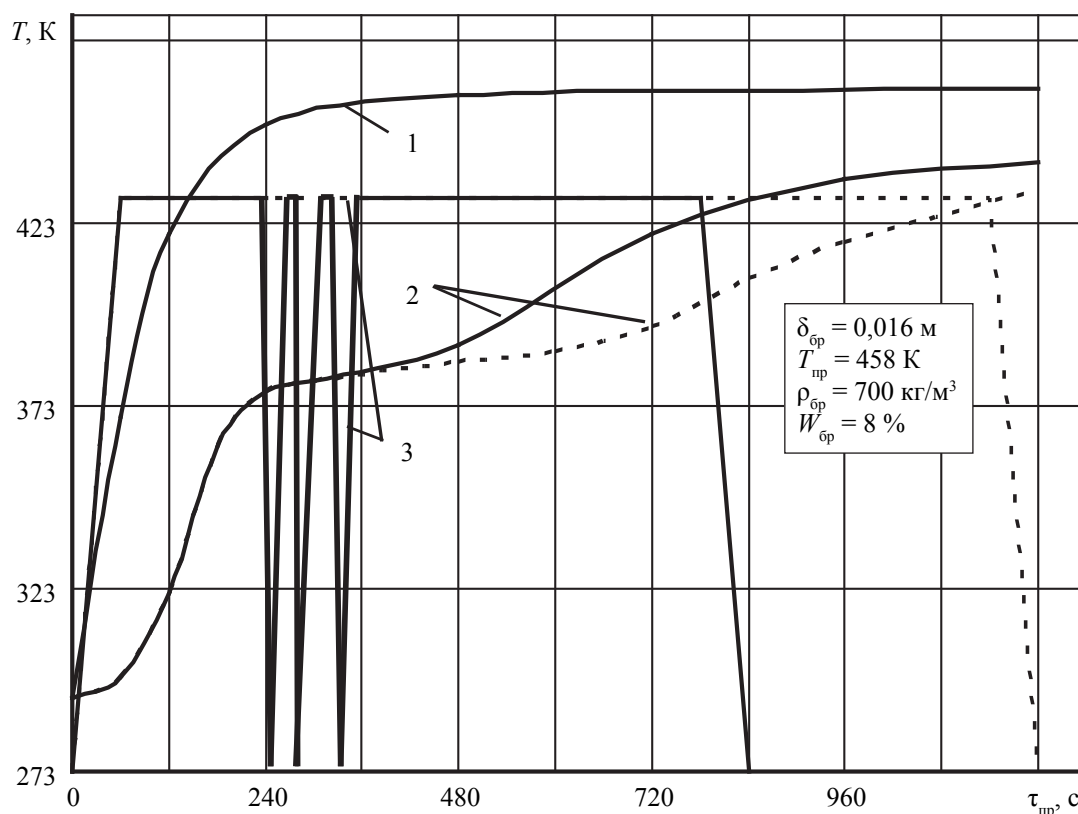


Рис. 3. Изменение температуры поверхности и центра брикета в процессе горячего прессования при различных диаграммах прессования: 1 – температура поверхности брикета; 2 – температура в центре брикета; 3 – диаграмма прессования

данный момент жестких клеевых связей и, следовательно, к снижению прочности готового материала.

Целью холодного прессования является окончательное закрепление полученной при горячем прессовании формы и размеров готового изделия. Для этого полученная плита охлаждается до температуры в центре ниже 50 °С для того, чтобы придать ей необходимую формоустойчивость и дать возможность провести с ней дальнейшие операции (снятие с поддона, перекладка и т.п.). Достижение указанной температуры является ориентиром при определении минимальной продолжительности выдержки плит в холодном прессе. Холодное прессование следует проводить в прессе, снабженном охлаждаемыми плитами. Так как оба пресса – горячий и холодный – работают последовательно в одной технологической цепочке, целесообразно продолжительность холодного прессования устанавливать равной циклу горячего прессования. Исходя из указанных предпосылок несложно

провести расчет по охлаждению для каждого типа выпускаемых плит (плотность, толщина, формат). Величина давления холодного прессования не превышает 0,2–0,4 МПа, и его изменение в процессе холодного прессования не регламентируется.

Поведение композиционных материалов при плоском горячем прессовании в настоящее время достаточно теоретически обосновано [9, 10]. При описании процесса прессования композиционных материалов на термопластичном связующем возможно использование существующих моделей тепло-массопереноса в капиллярно-пористых материалах. Для этого необходимо дополнительно изучить механизмы переноса неконденсирующихся газов и влаги, деформирования брикета, релаксации внутренних напряжений в нем, формирования прочностных характеристик композиционного материала, разработать методы и способы экспериментального определения необходимых замыкающих соотношений, описывающих данные процессы.

Библиографический список

1. Савицкий, А.С. Основные направления переработки твердых производственных и бытовых отходов / А.С. Савицкий, А.А. Шевляков // *Технология и оборудование для переработки древесины*: сб. науч. тр. – Вып. 312. – М.: МГУЛ, 2000. – С. 125–129.
2. Савицкий, А.С. Производство древесно-стружечных плит на термопластичном связующем / А.С. Савицкий, М.А. Терпугов, В.И. Карцовник // *Сб. “Плиты и фанера” Экспресс-информация ВНИПИЭИлеспром*. – 1991. – Вып. 12. – С. 10.
3. Мамуня, Е.П. Использование смесей вторичных термопластов для получения древесно-полимерных материалов / Е.П. Мамуня и др. // *Тез. докл. Всесоюзн. конф. «Пути повышения эффективности использования вторичных полимерных ресурсов»*. Ч. 1 – Кишинев, 1989. – С. 92.
4. Мишак, В.Д. Технологические особенности переработки древесно-полимерных материалов на основе отходов термопластичных полимеров / В.Д. Мишак и др. // *Тез. докл. Всесоюзн. конф. «Пути повышения эффективности использования вторичных полимерных ресурсов»*. Ч.1 – Кишинев, 1989. – С. 93.
5. Гальперин, В.М. Композиции с использованием отходов полимерных пластиков / В.М. Гальперин, Т.А. Немова и др. // *Тез. докл. семин. «Экологические и технологические аспекты обезвреживания промышленных отходов»*. – Донецк, 1989. – С. 49–50.
6. Савицкий, А.С. Исследование процесса прессования древесных плит на термопластичном связующем / А.С. Савицкий, И.В. Сапожников, А.А. Шевляков // *Технология химической переработки древесины*: сб. науч. тр. – Вып. 287. – М.: МГУЛ, 1997. – С. 11–18.
7. Савицкий, А.С. Исследование температурно-временных характеристик в процессе прессования плит малой плотности на термопластичном связующем / А.С. Савицкий, С.А. Савицкий, А.В. Сычкин и др. // *Технология химико-механической переработки древесины*: сб. науч. тр. – Вып. 290. – М.: МГУЛ, 1998. – С. 14–18.
8. Савицкий, А.С. Композиционные материалы из отходов МБС на термопластичном связующем / А.С. Савицкий, А.А. Шевляков // *Технология химико-механической переработки древесины*: сб. науч. тр. – Вып. 290. – М.: МГУЛ, 1998. – С. 31–35.
9. Обливин, А.Н. Тепло- и массоперенос в производстве древесно-стружечных плит / А.Н. Обливин, А.К. Воскресенский, Ю.П. Семенов. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 192 с.
10. Обливин, А.Н. Моделирование свойств и процессов прессования реактопластов: монография / А.Н. Обливин и др.; под общ. Ред. А.Н. Обливина. – М.: МГУЛ, 2005. – 284 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ И ПОСЛОЙНОЙ ПЛОТНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.П. МАРКИН, *асп. каф. процессов и аппаратов д/о производств МГУЛ*,
 В.И. ПАНФЕРОВ, *доц. каф. электроэнергетики лесных комплексов МГУЛ, канд. техн. наук*,
 А.А. ШЕВЛЯКОВ, *доц. каф. процессов и аппаратов д/о производств МГУЛ, канд. техн. наук*,
 С.А. ШЕВЛЯКОВ, *асс. каф. стандартизации и сертификации МГУЛ*

markin@mgul.ac.ru; panferov@mgul.ac.ru; shevlyakov@mgul.ac.ru; caf-sertif@mgul.ac.ru

При прессовании композиционных материалов как правило проявляются все фундаментальные деформативные свойства: упругость, вязкость и пластичность одновременно и имеет место эффект возрастания пластической деформации при постоянной общей. Поэтому во всех рассматриваемых диапазонах деформирования пресскомпозиции можно представить одной и той же реологической моделью. Большинство разработанных моделей деформирования материала качественно эквивалентны, т. е. посредством любой из них рассматриваемые упруговязко-

пластические пресскомпозиции могут быть описаны в принципе равнозначно [1].

При моделировании процессов горячего прессования композиционных материалов с различными наполнителями для оценки пространственного распределения плотности необходимо знать функциональную зависимость деформации от напряжений [2].

С учетом целей экспериментальных исследований, анализа методов и разработанных ранее экспериментальных установок [3–5], а также существующих возможностей исследования реологических характеристик

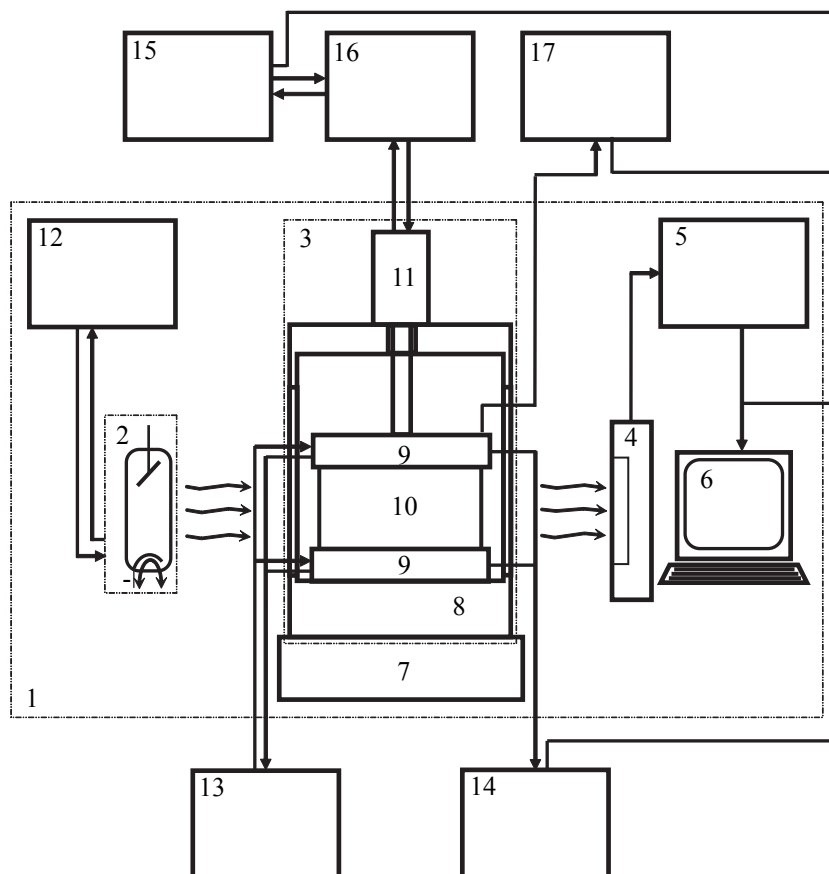


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки: 1 – рентгеновский дифрактометр ДРОН-3; 2 – источник рентгеновского излучения (рентгеновская трубка БСВ-24); 3 – рабочий участок; 4 – детектор рентгеновского излучения РКД-1; 5 – система регистрации рентгеновского излучения (комплекс МК1-01); 6 – система обработки результатов экспериментальных исследований (ЭВМ); 7 – юстировочный стол гониометрического устройства ГУР-8; 8 – корпус рабочего участка; 9 – нагревательные плиты рабочего участка; 10 – исследуемый образец; 11 – гидроцилиндр; 12 – система охлаждения; 13 – система нагрева и термостатирования нагревательных плит рабочего участка; 14 – система измерения и регистрации температуры; 15 – система регулирования и регистрации нагрузки на исследуемый образец; 16 – гидропривод гидроцилиндра; 17 – система измерения и регистрации толщины исследуемого образца

и послойной плотности широкого спектра композиционных материалов разработан экспериментальный стенд, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

Экспериментальный стенд разработан на базе имеющегося рентгеновского дифрактометра общего назначения ДРОН-3 [6].

В его состав входят:

- рабочий участок с нагревательными плитами;
- система нагрева и термостабилизации нагревательных плит рабочего участка;
- система измерения и регистрации температуры исследуемого образца;
- система измерения и регистрации толщины исследуемого образца;

– система измерения и регистрации рентгеновского излучения;

– гидропривод с гидроцилиндром и возможностью задания и регистрирования требуемой нагрузки и скорости деформирования исследуемого образца;

– система измерения и регистрации нагрузки и скорости деформирования исследуемого образца.

Данный стенд позволяет измерять, регистрировать и регулировать параметры эксперимента в следующих диапазонах:

- температура нагревательных плит рабочего участка – от 293 до 493 К;
- температура исследуемого образца – от 293 до 493 К;

- нагрузка на исследуемый образец – от 0,01 до 2,5 МПа;
- изменение толщины исследуемого образца – от 0,12 до 0,005 м;
- скорость деформирования исследуемого образца – от 0 до 0,025 м/с;
- послойная плотность по толщине исследуемого образца – каждые 10 сек с шагом $0.00287 \cdot 10^{-3}$ м;
- средняя плотность исследуемого образца – от 100 до 1100 кг/м³.

Прессование исследуемого образца происходит в матрице диаметром 0,13 м.

Рассмотрим отдельные узлы и системы, входящие в состав экспериментальной установки.

В аппарате ДРОН-3 для проведения широкого круга структурных исследований различных материалов используется дифракция рентгеновских лучей, для которых кристалл является идеальной дифракционной решеткой.

Рентгеноструктурный анализ является основным методом определения структуры кристаллов. При исследовании кристаллов он дает наибольшую информацию. Это обусловлено тем, что кристаллы обладают строгой периодичностью строения и представляют собой созданную самой природой дифракционную решетку для рентгеновских лучей. Однако он доставляет ценные сведения и при исследовании тел с менее упорядоченной структурой, таких как композиционные материалы, полимеры, жидкости, аморфные тела, жидкие кристаллы и другие [7].

В ходе рентгеноструктурного анализа исследуемый образец (брикет пресскомпозиции) помещают на пути рентгеновских лучей и регистрируют дифракционную картину, возникающую в результате взаимодействия лучей с веществом [8].

В основе метода рентгеноструктурного анализа лежит явление дифракции рентгеновских лучей, т. е. рассеяния их кристаллами (или молекулами жидкостей и газов). В результате взаимодействия первичного рентгеновского пучка с электронами вещества возникают вторичные отклоненные пучки с той же длиной волны, направление и интен-

сивность которых зависят от строения вещества. Дифрагированные лучи составляют часть всего рассеянного веществом рентгеновского излучения [9].

Рентгеноструктурный аппарат представляет собой совокупность технических средств, необходимых для реализации рентгеноструктурного метода регистрации дифракционной картины, специальных условий эксперимента и т. д.

Измерения распределения интенсивности рентгеновского излучения осуществляются при помощи детектора рентгеновского излучения РКД-1. Один канал РКД-1 соответствует интервалу по толщине образца $\Delta=0,0287$ мм. Измерение проводится с временем экспозиции $\tau = 100$ сек, что соответствует интервальному набору импульсов $N \sim 10^5$.

Данные по интенсивности прошедшего через образец рентгеновского излучения, накапливаются в комплексе регистрации рентгеновского излучения МК 1-01 (256 каналов), а затем записываются на жесткий магнитный диск в отдельный файл системы обработки результатов экспериментальных исследований. Затем результаты обрабатываются с помощью специально разработанных программ.

Общий вид рабочего участка представлен на рис. 2. Рабочий участок представляет собой малогабаритный гидравлический пресс с нагревательными плитами, между которыми помещают исследуемый образец. Требуемая нагрузка, а также требуемая скорость деформирования образца создаются с помощью гидроцилиндра, связанного с регулирующим гидроприводом. Температура нагревательных плит пресса задается и поддерживается при помощи системы нагрева и термостатирования. Температура исследуемого образца в процессе эксперимента измеряется при помощи термопары, входящей в систему измерения и регистрации температуры. Толщина исследуемого образца в процессе эксперимента измеряется при помощи датчика перемещения, входящего в систему измерения и регистрации исследуемого образца. Нагрузка на образец задается и измеряется с помощью системы регулирования и регистрации нагрузки.

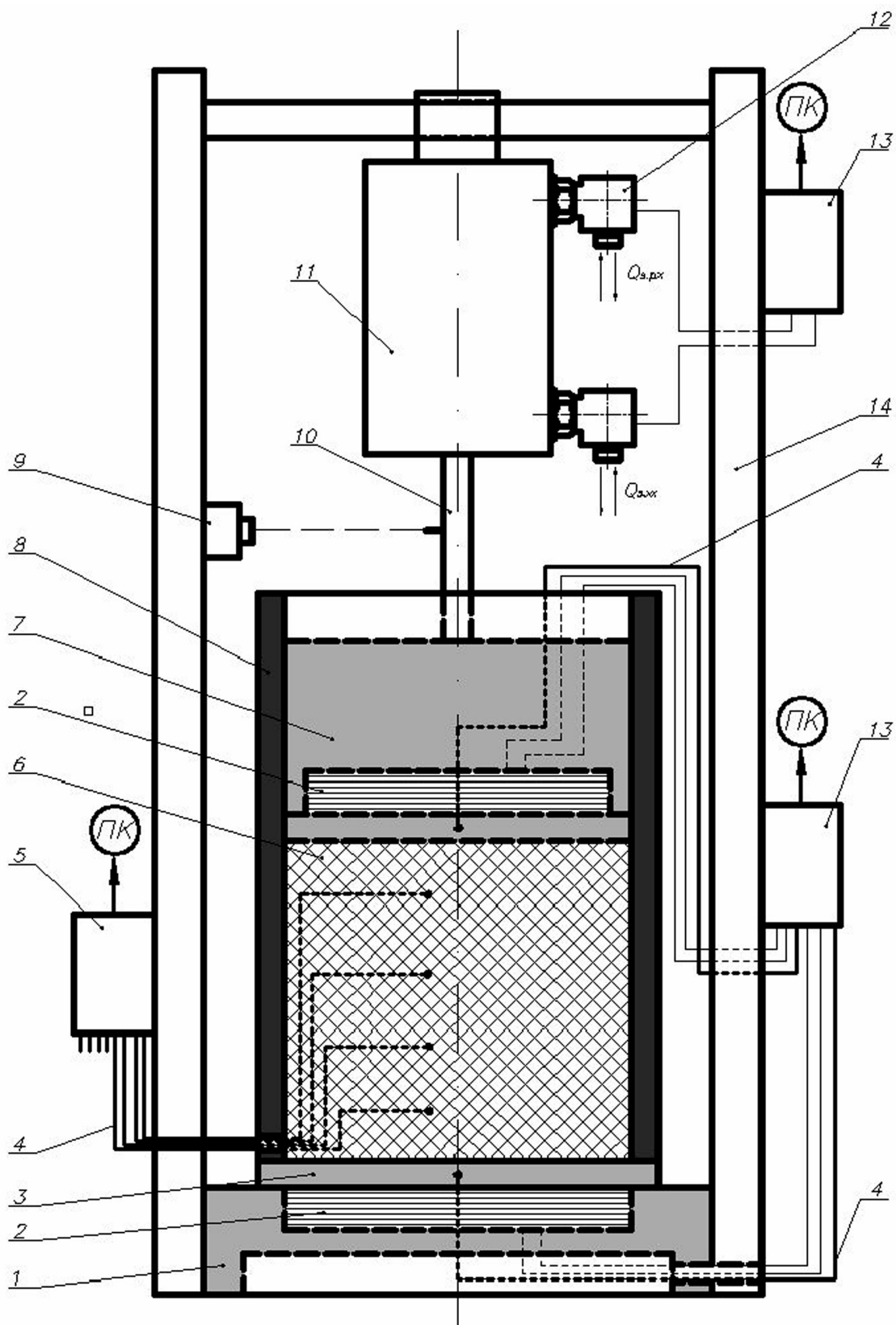


Рис. 2. Рабочий участок: 1 – станина; 2 – нагревательный элемент; 3 – плита нагревательная нижняя; 4 – термопара (ХК); 5 – контроллер ОВЕН ТРМ 138; 6 – исследуемый образец; 7 – плита нагревательная верхняя; 8 – матрица; 9 – индуктивный датчик перемещения; 10 – шток гидроцилиндра; 11 – гидроцилиндр; 12 – преобразователь избыточного давления ОВЕН ПД100-ДИ10,0М-0,5; 13 – контроллер ОВЕН ТРМ 202; 14 – опора вертикальная; ПК – персональный компьютер

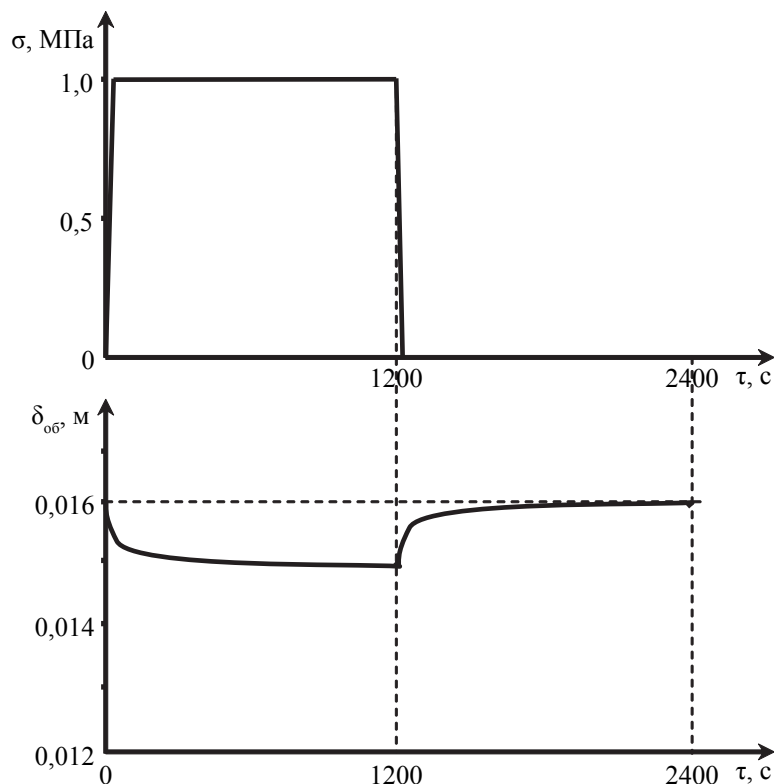


Рис. 3. Изменение нагрузки (σ) на исследуемый образец и его толщины ($\delta_{0\sigma}$) в процессе эксперимента

Система нагрева и термостатирования нагревательных плит рабочего участка состоит из:

- хромель-копелевых термопар в нагревательных плитах рабочего участка;
- измерителя-регулятора двухканального ОВЕН ТРМ 202, используемого в качестве регулятора температуры и регистрации на ПК;
- блоков вспомогательных реле, с помощью которых осуществляется включение или отключение магнитных пускателей для подвода напряжения к нагревательным элементам плит рабочего участка;
- регуляторов напряжения, подводимого к нагревательным элементам плит рабочего участка.

Температура плит рабочего участка измеряется с точностью 1,5 К. Точность поддержания температуры составляет 2 К.

В систему измерения и регистрации температуры исследуемого образца входят:

- хромель-копелевые термопары, вставленные в исследуемый образец по толщине (до 8 точек);
- универсальный измеритель температуры восьмиканальный ОВЕН ТРМ 138,

используемый в качестве регистрирующего прибора на ПК.

Температура исследуемого образца измеряется с точностью 1,5 К.

Система задания требуемой нагрузки и скорости деформирования исследуемого образца состоит из:

- гидроцилиндра рабочего участка для требуемого нагружения исследуемого образца с необходимой скоростью его деформирования;
- регулирующего гидропривода с возможностью выбора нужного режима задания нагрузки на исследуемый образец и скорости его деформирования при проведении соответствующих экспериментальных исследований;
- преобразователя избыточного давления ОВЕН ПД 100 с классом точности 0,5;
- измерителя-регулятора двухканального ОВЕН ТРМ 202, используемого для измерения давления и регистрации данных на ПК.

Система измерения и регистрации толщины исследуемого образца состоит из:

- двух индуктивных датчиков перемещения модели 221 Э-608;

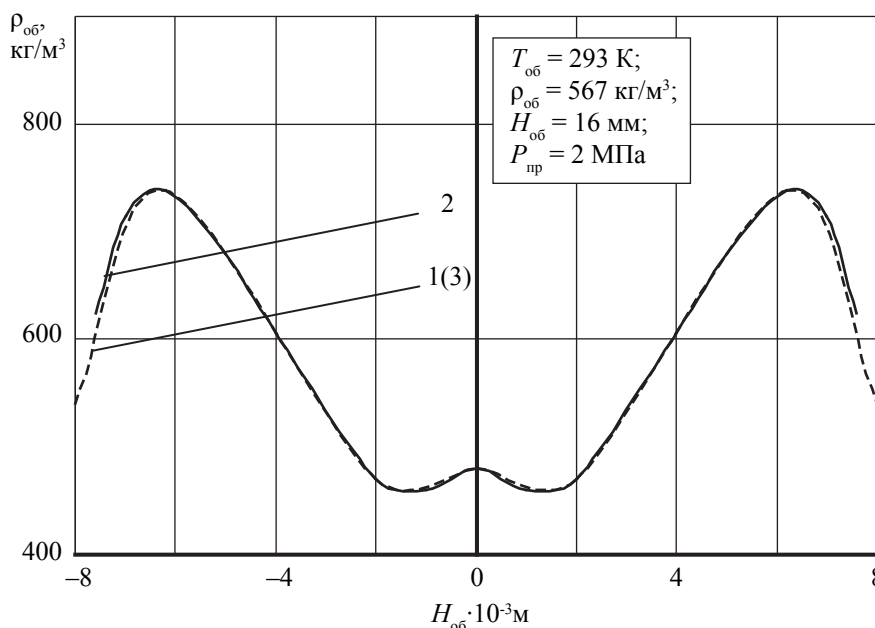


Рис. 4. Изменение послойной плотности исследуемого образца в процессе эксперимента: 1 – $\tau = 0$ с; 2 – $\tau = 1200$ с; 3 – $\tau = 2400$ с

– контроллера двухканального ОВЕН ТРМ 202, используемого в качестве устройства регистрации данных на ПК.

Точность измерения толщины 0,0028 мм.

Для проверки работоспособности экспериментального стенда были проведены наладочные эксперименты. Их результаты представлены на рис. 3 и 4.

Образец диаметром 0,13 м вырезался из ДПП, отпрессованной при температуре 473 К и максимальном давлении прессования 2 МПа, плотность образца 567 кг/м³.

Передэкспериментом устанавливалась необходимая нагрузка на образец – 1 МПа и максимальная скорость перемещения штока гидроцилиндра. Время достижения максимальной нагрузки – 1 сек. Поэтому считаем, что образец нагружался практически мгновенно, что удовлетворяет условия данного эксперимента.

В процессе эксперимента измерялись толщина (рис. 3) и послойная плотность образца (рис. 4).

В обоих случаях получены прогнозируемые результаты. На рис. 4 представлены профили плотности образца до его нагружения (гр. 1), в конце нагружения $\tau = 1200$ сек (гр. 2) и в конце эксперимента $\tau = 2400$ сек (гр. 3).

Совпадение графиков 1 и 3 показывает, что в данном эксперименте отсутствует остаточная (пластичная) составляющая деформации, что подтверждается кривой изменения толщины исследуемого образца (рис. 3).

Полученные результаты полностью соответствуют нашим предположениям, так как исследуемый образец прессовался при давлении 2 МПа, а нагрузка на образец в процессе эксперимента соответствовала 1 МПа.

Поставленные наладочные эксперименты показали, что определение послойной плотности образца и изменение его толщины полностью адекватны и удовлетворяют необходимые требования, предъявляемые к исследованиям в данной области и к самому экспериментальному стенду.

Библиографический список

1. Маркин, А.П. Прессование композиционных материалов с точки зрения реологических процессов / А.П. Маркин, А.А. Шевляков // Сборник научных статей аспирантов и соискателей МГУЛ: сб. науч. тр. – Вып. 350. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – С. 25–28.
2. Маркин, А.П. Предпосылки разработки реологической модели процесса прессования композиционных материалов / А.П. Маркин, А.С. Савицкий, А.А. Шевляков и др. // Технология и оборудование для переработки древесины: сб. науч. тр. – Вып. 349. – М.: МГУЛ, 2010. – С. 174–179.

3. Ткаченко, М.А. Деформативность древесных частиц при прессовании : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Ткаченко Михаил Александрович. – М.: МЛТИ, 1993. – 22 с.
4. Потапов, С.А. Экспериментальный стенд для исследования коэффициентов переноса при нагреве влажных капиллярно-пористых материалов / С.А. Потапов, А.И. Пожиток // Технология древесных плит и пластиков: сб. науч. тр. – Вып. 79. – М.: МЛТИ, 1986. – С. 15–19.
5. Шевляков, А.А. Экспериментальная установка для исследования реологических характеристик и плотности композиционных материалов / А.А. Шевляков, А.С. Савицкий // Технология и оборудование для переработки древесины: сб. науч. тр. – Вып. 324 – М.: МГУЛ, 2003. – С. 24–29.
6. Маркин, А.П. Экспериментальный стенд для исследования реологических характеристик древесных и других композиционных материалов в процессе прессования / А.П. Маркин, А.С. Савицкий, А.А. Шевляков и др. // Актуальные проблемы лесного комплекса; под ред. Е.А. Памфилова: сб. науч. тр. по итогам международной научно-технической конференции. – Вып. 25. – Брянск: БГИТА, 2010. – С. 189–192.
7. Бокий, Г.Б. Рентгеноструктурный анализ / Г.Б. Бокий, М.А. Порай-Кошиц; под ред. акад. Н.В. Белова. – М.: МГУ, 1964. – 489 с.
8. Маркин, А.П. Рентгеноструктурный анализ в исследовании процесса прессования композиционных материалов / А.П. Маркин, А.С. Савицкий, А.А. Шевляков и др.; под ред. Е.А. Памфилова // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. по итогам X международной научно-технической интернет-конференции. – Вып. 27. – Брянск : БГИТА, 2010. – С. 75–77.
9. Блохин, М.А. Физика рентгеновских лучей. – 2 изд. / М.А. Блохин. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 518 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДОЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНОЙ

И.В. ГНАТОВСКАЯ, доц. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ, канд. техн. наук

i-gnatovskaya@yandex.ru

Основное условие совместной переработки разнокачественной древесины в общем технологическом потоке лесопромышленного цеха – недостаточность качественного сырья для полного использования производственных мощностей, применяемого оборудования. Загрузка оборудования может существенно снижаться вследствие колебания объема лесозаготовок, неравномерности объемного выхода определенных видов сортиментов от раскряжевочных установок вследствие изменений таксационных характеристик разрабатываемых лесосек, изменчивости параметров сырья, поступающего в цех на обработку и т.п. Таким образом, совместная переработка разнокачественной древесины возможна для повышения использования оборудования.

Для переработки низкокачественного сырья в условиях лесопильных цехов необходимо определить, какая часть этой древесины может использоваться совместно с качественным сырьем для дозагрузки.

Расчет объема бревен для дозагрузки низкокачественным сырьем проводится по формуле

$$Q_n = \Pi_{\text{см}}^{\text{к.р.с.}} (1 - R), \text{ м}^3, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{см}}^{\text{к.р.с.}}$ сменная производительность головного станка при различных схемах раскроя (круговой, развальная и сегментно-тангентальной), $\text{м}^3/\text{см}$;

R – доля загрузки станка низкокачественным сырьем.

Далее относительные значения ядровой гнили a разбивалась на интервалы по диапазонам $0 \dots a_1, a_1 \dots a_2, \dots, a_{i-1} \dots a_j$. Каждый диапазон ограничивается конкретным относительным значением $a_j \leq a$. В зависимости от схемы раскроя низкокачественного сырья и предельного значения a , в качестве примера приведены графики на рис. 1–3.

Исследован вопрос о дозагрузке оборудования, тем самым лесозаготовительные предприятия могут дополнительно получать прибыль от выхода пилопродукции, полученной от распиловки низкокачественного сырья,

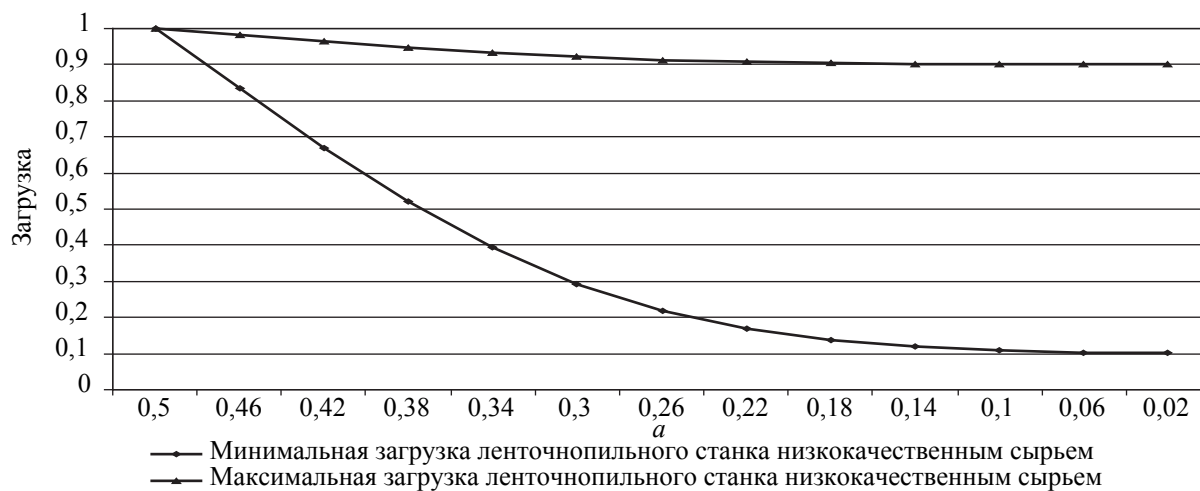


Рис. 1. График загрузки лесопильного оборудования низкокачественным сырьем при круговой схеме раскроя, для диапазона $a \leq 0,5$

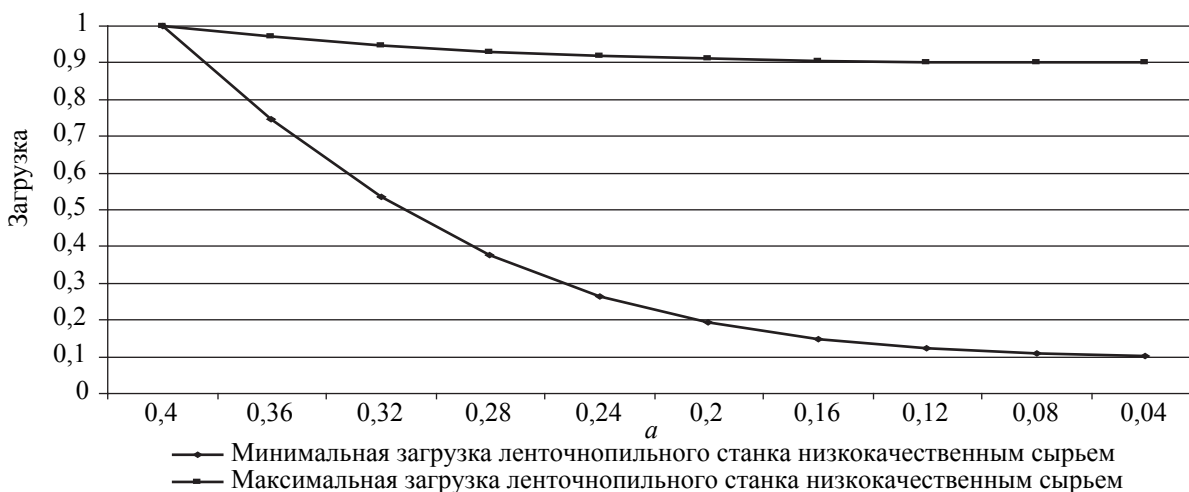


Рис. 2. График загрузки лесопильного оборудования низкокачественным сырьем при схеме раскроя вразвал, для диапазона $a \leq 0,4$



Рис. 3. График загрузки лесопильного оборудования низкокачественным сырьем при сегментно-тангентальной схеме раскроя, для диапазона $a \leq 0,3$

отпускная цена на которую выше, чем цена на технологическую щепу.

В результате моделирования получен выход пиломатериалов и щепы из низкокачественной древесины в зависимости от относительного содержания гнили в бревнах. Таким образом, при $a \leq 0,3-0,6$ в зависимости от схемы раскроя, целесообразно проводить распиловку низкокачественного сырья на пилопродукцию, при значении $a > 0,6$ – выпиливать гниль из бревен и из качественных остатков получать технологическую щепу в общем потоке.

Компьютерная программа математической модели технологического процесса по распиловке низкокачественного сырья в общем лесопильном потоке FANG-04 написана в Visual Basic. [2]

Библиографический список

1. Редькин, А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок / А.К. Редькин. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 256 с.
2. Гнатовская, И.В. Переработка низкокачественной древесины на лесозаготовительных предприятиях центрального региона России: дисс. ... канд. техн. наук / И.В. Гнатовская. – М.: МГУЛ, 2005. – 110 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Е.В. КРАВЦОВ, *асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*,
Г.А. КРАПУХИН, *главный конструктор ООО «КБ Крапухина», канд. техн. наук*

kravtsovev@mailru

В России сосредоточены крупнейшие в мире лесные ресурсы [1], мягкие лиственные породы древесины в которых составляют около 46 %, из них более 30 % – это береза. Ежегодный допустимый объем изъятия древесины березы составляет порядка 170 млн м³ в год, однако используется она лишь на 20–30 %.

Кроме правильного проведения рубок главного пользования и лесовосстановительных рубок есть необходимость эффективно использовать низкокачественную древесину. Рациональное использование лесосырьевых ресурсов является важной задачей, стоящей перед лесопромышленными предприятиями.

Существующие технологии переработки круглых лесоматериалов хвойных пород зачастую неприемлемы или малоэффективны для переработки тонкомерной древесины, в том числе березы. По существующим технологиям механической обработки и переработки тонкомерной древесины березы изготовление из нее столярно-строительных изделий и заготовок для домостроения крайне неэффективно.

Разработка и организация промышленного производства ресурсосберегающей и эко-

логически безопасной технологии глубокой переработки низкокачественной древесины в настоящее время является одной из актуальных задач для страны. Сущность ресурсо- и экологически безопасной технологии заключается не только в сохранении природной структуры и природных качественных показателей древесины в готовой продукции, но и в улучшении тех качественных показателей, которые улучшают спрос на получаемую из нее продукцию.

Особое внимание уделяется ресурсосберегающим технологиям, позволяющим пересмотреть проблемы использования древесины, в том числе низкокачественной мягких лиственных пород, для нужд деревянного домостроения, которое является одним из наиболее эффективных видов индивидуального жилищного строительства.

Специфика деревянного домостроения (применение деталей больших длин и сечений) ориентирует производство деревянных домов и комплектов деталей для домов преимущественно на использование пиломатериалов хвойных пород, при этом пиломатериалы мягких лиственных пород используются в незначительных объемах.

Сравнительный анализ посортного выхода пиломатериалов из сырья мягких лиственных и хвойных пород

Порода древесины	Выход пиломатериалов, % сорта			
	1	2	3	4
Береза	22	29	49	–
Сосна	17	26	38	19

По существующей нормативно-технической документации допускаемый уровень применения лиственных пиломатериалов в производстве деревянных панельных и домов со стенами из местных строительных материалов составляет 60 %, в домах из бруса – до 35–40 %.

Применение древесины мягких лиственных пород сдерживается следующими факторами:

- низким качеством пиловочного сырья и соответственно низким выходом пиломатериалов и заготовок (по нормативам расход лиственных пиломатериалов на заготовки в 1,4–1,6 раз выше, чем хвойных);

- более высокой трудоемкостью переработки по сравнению с хвойной древесиной (в 1,2–1,3 раза);

- необходимостью склеивания пиломатериалов по длине и сечению из-за практической невозможности получения длинномерных и толстых пиломатериалов и заготовок.

Объемный и посортный выход лиственного пиловочника зависит от степени отбора специальных сортиментов из хлыстов.

Так, при полном отборе специальных сортиментов (лыжный, фанерный, спичечный кряж и др.) при раскряжевке хлыстов 85 % пиловочника получается 3 и 4 сорта, при частичном отборе – 75 %.

В таблице приведен сравнительный анализ посортного выхода пиломатериалов из древесины березы и сосны (по данным ЦНИИМОД).

Таким образом, выход пиломатериалов березы 2–3 сорта, из которых можно получить заготовки для домов преимущественно III группы качества, составляет около 80 %.

При раскросе пиломатериалов из древесины березы для домостроения объем заготовок длиной до 2 м составляет около 85 %. В кон-

струкциях деревянных домов каркасно-панельных конструкций объем деталей такой длины не превышает 20–30 %. По этим причинам домостроительные предприятия не заинтересованы в использовании древесины березы, расход которой при переработке увеличивается в сравнении с древесиной сосны в 1,4–1,6 раза, что увеличивает себестоимость домокомплектов и снижает рентабельность производства.

По мере создания новых современных энерго- и ресурсосберегающих технологий переработки тонкомерной древесины березы для увеличения использования в домостроении необходимо в первую очередь развивать и усовершенствовать технологические схемы раскроя тонкомерных круглых лесоматериалов мягких лиственных пород на пиломатериалы.

Технологические схемы раскроя тонкомерных круглых лесоматериалов мягких лиственных пород в пиломатериалы и строительные заготовки должны обеспечить:

- максимально возможный выход из стволовой древесины изделий, сохраняющих ее природную структуру и качество;

- безотходную механическую обработку древесины, в результате которой вместо отходов образуются кондиционная щепка, стружка, пригодные для дальнейшей переработки;

- высокую экологическую чистоту и эстетическую красоту изделий;

- минимизацию энергетических затрат на производство изделий.

Для обеспечения этих условий необходимо пересмотреть существующие традиционные подходы к оптимизации раскряжевке хлыстов и обработки тонкомерных круглых лесоматериалов мягких лиственных пород в пиломатериалы.

По существующим традиционным технологиям раскроя круглых лесоматериалов в пиломатериалы пилением рамными,

ленточными или дисковыми пилами исследовано и разработано большое количество схем раскря длинномерных деловых бревен.

По традиционным схемам раскря хлысты, как правило, раскряжевывают на круглые длинномерные лесоматериалы, которые распиливаются в доски или бруски, при этом около 11 % древесины превращается в опилки.

Поскольку тонкомерная древесина березы имеет часто значительную кривизну и малый диаметр, то становится невозможно перерабатывать ее на пиломатериалы по традиционным технологиям. Поэтому специалисты ФГУП «ГНЦ ЛПК» и ООО «КБ Крапухина» разработали технологию и технологическое оборудование для эффективного раскря тонкомерных круглых лесоматериалов мягких лиственных пород на пиломатериалы требуемых размеров и последующего изготовления из них продукции с высокой добавленной стоимостью.

В состав разработанного комплекта специализированного оборудования вошел многопильный круглопильный станок для продольного раскря тонкомерной древесины, четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок [2], двухсторонний шипорезный станок, четырехсторонний фрезерно-шлифовальный станок.

Параметры многопильного круглопильного станка позволяют перерабатывать круглые лесоматериалы с диаметром в верхнем торце от 10 см, длиной от 0,6 м и со стрелой кривизны до 2 см на 1 м длины.

Последовательная работа нескольких пильных агрегатов многопильного круглопильного станка позволяет обеспечить устойчивую равномерную подачу обрабатываемого бревна и высокую точность по толщине получаемых необрезных пиломатериалов. А использование принципа раскря по двухвальной схеме дает возможность применять на станке круглые пилы малых диаметров с пропилом шириной до 3 мм. Таким образом, увеличивается полезный выход пиломатериалов, что обеспечивает снижение энергоемкости процесса.

Для повышения технологических возможностей многопильного круглопильного станка предусмотрен дополнительный фре-

зерный узел, включаемый оператором при необходимости удаления закомелистости и крупных остатков сучков на обрабатываемых круглых лесоматериалах.

Предлагаемая технология обработки древесины березы происходит в несколько этапов: тонкомерная древесина березы на раскря подается с ориентацией стрелы кривизны в плоскости пиления. Для оптимального ведения производственного процесса пиловочное сырье на раскря лучше подавать с длиной не более 3 м, для чего предусматривается возможность их дополнительного поперечного раскря и торцовки. Продольный раскря производится как правило на необрезные пиломатериалы толщиной до 20–28 мм.

Полученные в результате раскря необрезные пиломатериалы поступают на участок формирования сушильных пакетов.

Поскольку получаемые необрезные пиломатериалы имеют небольшую толщину, то процесс их сушки можно проводить на более жестких режимах, так как небольшая толщина пиломатериалов способствует достижению высокого качества сушки, без их растрескивания и коробления.

Высушенные пиломатериалы после технологической выдержки подаются на участок поперечного раскря (на линию оптимизации) для вырезки участков с недопустимыми дефектами и одновременно для получения заготовок заданных размеров по длине. Эти заготовки распределяются на группы по следующим признакам:

- группы заготовок по ряду размеров по длине;
- группы заготовок по ряду размеров по ширине, которую возможно получить из необрезной заготовки с минимизацией отходов при последующей продольной обрезке (при получении чистовой заготовки).

Это позволяет существенно увеличить выход продукции за счет уменьшения размеров снимаемых боковыми фрезами обзолных кромок.

Каждая группа необрезных заготовок поступает на обработку на четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок, который обрабатывает эти

заготовки с получением в результате калиброванных по ширине и толщине брусковых заготовок. Размеры по ширине и толщине предварительно калиброванных заготовок предусматривают соответствующие минимальные припуски для окончательной обработки при формировании нужного поперечного сечения паркетных досок.

Четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок имеет 6 рабочих узлов, расположенных по схеме:

- нижняя двухпильная пазовая фреза – для формирования на нижней пласти необрезных заготовок базовых пазов глубиной на величину припуска на последующую строжку;
- правый обрабатывающий шпиндель – для обработки правой обзолной кромки заготовок и создания базы для четкой прямолинейной подачи при последующей обработке;
- левый обрабатывающий шпиндель – для обработки левой обзолной кромки заготовок и тем самым калибрования их по ширине;
- первый нижний горизонтальный шпиндель для снятия около 50 % ширины припуска на обработку нижней пласти заготовок;
- второй нижний горизонтальный шпиндель – для снятия оставшихся 50 % ширины припуска на обработку нижней пласти заготовок;
- верхний горизонтальный калибровально-фрезерный шпиндель – для калибрования заготовок по толщине на заданный размер.

Минимизации отходов обработки способствует также пазовая фреза, которая формирует на нижней пласти заготовок два базовых паза в режиме пиления. Дальнейшее базирование обрабатываемых заготовок происходит по этим пазам, что позволяет обеспечить правильную геометрическую форму заготовок на выходе из станка при минимальном припуске на последующую строжку нижней поверхности заготовок на четвертом и пятом рабочем шпинделях станка.

Полученные калиброванные по ширине и толщине заготовки далее подаются на двухсторонний шипорезный станок для формирования поперечного паза и гребня. После формирования поперечного паза и гребня за-

готовка поступает в четырехсторонний фрезерно-шлифовальный станок.

Рабочие узлы станка расположены по следующей схеме:

- верхний горизонтальный шпиндель – для формирования нижней пласти заготовки с образованием продольных компенсационных пазов в паркетной доске;
- нижний горизонтальный шпиндель – для предварительной фрезеровки боковых кромок заготовок на глубину до базы «паз-гребень» с целью предотвращения появления возможных сколов древесины при последующем фрезеровании указанных боковых кромок;
- два оппозитно расположенных вертикальных шпинделя – для фрезерования боковых кромок заготовок с изготовлением отмеченной выше базы «паз-гребень»;
- три последовательно смонтированных ленточно-шлифовальных блока – для калибрования и чистовой обработки паркетных досок.

Базирование обрабатываемых заготовок при предварительном и окончательном калибровании осуществляется по сформированной технологической базе «гребень-паз».

Наклонные отверстия с зенковкой под головку самореза в полученном в результате обработки гребне паркетной доски выполняются на дополнительном рабочем участке с помощью ручного электрифицированного инструмента с соответствующей технологической оснасткой.

Паркетная доска, изготавливаемая по данной технологии, предназначена для укладки на деревянное основание («черный» пол, фанера) с видом крепления: «саморезами» или «на клей с саморезами».

Технология производства паркетной доски из тонкомерной древесины березы не требует больших инвестиций и может быть практически осуществлена в рамках малых предприятий, что в итоге будет способствовать развитию малых и средних лесопромышленных предприятий, созданию дополнительных рабочих мест, рациональному использованию лесных ресурсов, снижению стоимости строительства доступного и комфортного деревянного жилья.

Преимущества предлагаемой технологии:

- снижение удельной ресурсоемкости производства;
- увеличение доли продукции с высокой степенью переработки;
- повышение конкурентоспособности продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынке;
- развитие мощностей по глубокой переработке древесины, в том числе тонко- и

короткомерной для производства паркетной и отделочной доски.

Библиографический список

1. Кондратюк, В.А. Современное состояние лесопромышленного комплекса России: монография / В.А. Кондратюк. – М.: МГУЛ, 2002. – 120 с.
2. Патент на изобретение «Четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок» заявка № 2009144446/03(063319) / Г.А. Крапухин, В.А. Косарев, Е.В. Кравцов // МПК В 27 С 9/04 от 02.12.2009.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*)

Е.Г. ВЛАДИМИРОВА, асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ

egvl@mail.ru

Для повышения конкурентоспособности древесины на рынке и улучшения ее свойств необходимо развитие различных способов обработки древесины. Термическая модификация – это технология, позволяющая расширить области применения древесины.

Термически модифицированная древесина производится и активно изучается во многих странах, таких как США, Канада, Япония, Китай, Турция, Франция, Финляндия, Латвия, Украина, в том числе и в России.

Целью работы является исследование основных физико-механических свойств древесины сосны, подвергнутой термической обработке на отечественной установке СПВТ при температуре 185°C и времени выдержки 24 часа, а также сравнение полученных показателей с результатами аналогичных исследований немодифицированной древесины.

В качестве исходного материала были взяты неокоренные бревна сосны (*Pinus Sylvestris*) диаметром от 120 мм до 280 мм. Для того чтобы оценить возможность улучшения визуальных свойств древесины после термической модификации, намеренно были использованы как свежеспиленные, так и выдержанные на открытом воздухе, покрытые синевой и частично грибными поражениями

лесоматериалы с начальной влажностью от 30 % до 65 %. Из части бревен были выпилены необходимые образцы. Затем остальные бревна сушились в форсированном режиме 7 суток и подвергались термической обработке при температуре 185°C в течение 24 часов.

Используемая установка – СПВТ (сушилка пиломатериалов вакуумная тепловая), которая работает по 4 категориям термообработки, рис.1.

Место обработки – пгт Навля, Брянская область, фирма «ЛЕСКО».

В ходе работы с древесиной предполагалось определить: влажность; плотность; усушку; разбухание; предел прочности при сжатии вдоль волокон; предел прочности при статическом изгибе; ударную вязкость при изгибе; статическую твердость; влагопоглощение; водопоглощение.

Заготовка, метод отбора и изготовление образцов проводилось в соответствии с ГОСТ 16483.0-89 [1]. Минимальное количество испытываемых образцов n_{\min} вычислялось по формуле

$$n_{\min} = V^2 t_{\gamma}^2 / P_{\gamma}^2,$$

где V – коэффициент вариации показателей свойства древесины, %;

γ – требуемая доверительная вероятность;



Рис. 1. Установка для термической модификации древесины – СПВТ



Рис. 2. Испытательная машина ZD10/90

Данные по расчету минимального количества испытываемых образцов

Вид испытания	Коэффициент вариации по ГОСТ 16483.0–89	Доверительная вероятность [2]	Квантиль распределения Стьюдента	Относительная точность определения выборочного среднего	Число опытов, расчетное/принятое
	V (%)	(γ)	(t_γ)	e , (%)	n_{\min} (шт)
Определение влажности	5	0,95	2,571	5	5
Определение плотности	10	0,95	2,262	5	27/30
Определение усушки	16	0,95	1,645	5	27/30
Определение разбухания	16	0,95	1,645	5	27/30
Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон	13	0,95	2,048	5	29/30
Определение предела прочности при статическом изгибе	15	0,95	1,645	5	25/50
Ударная вязкость при изгибе	32	0,90	1,645	10	28/50
Статическая твердость	17	0,95	1,645	5	30/50
Определение влагопоглощения	10	0,95	2,262	5	21/30
Определение водопоглощения	10	0,95	2,262	5	21/30

t_γ – квантиль распределения Стьюдента;

P_γ – относительная точность определения выборочного среднего с доверительной вероятностью γ .

В табл. 1 приведены данные по расчету минимального количества испытываемых образцов.

Представленное в таблице число образцов было отобрано как для термически модифицированной, так и для не прошедшей обработку древесины.

Для проведения испытаний применялась испытательная машина ZD10/90 (рис.2).

При исследовании влажности древесины определялась фактическая влажность и при необходимости плотность образцов (ГОСТ 16483.7-71) [3].

Влажность образцов (W) в процентах вычислялась по формуле

$$W = ((m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)) \cdot 100,$$

где m_0 – масса бюксы, г;

m_1 – масса бюксы с пробой до высушивания, г;

m_2 – масса бюксы с пробой после высушивания, г.

При исследовании базисной плотности древесины использовались образцы в виде прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм (ГОСТ 16483.1–84) [4].

Базисную плотность каждого образца (ρ_0) вычисляли в килограммах на кубический метр по формуле

$$\rho_0 = m_0 / a_{\max} \cdot b_{\max} \cdot t_{\max} = m_0 / V_{\max},$$

где, m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, кг (г);

a_{\max} , b_{\max} , c_{\max} – размеры образца при влажности равной или больше предела насыщения клеточных стенок, м (см);

V_{\max} – объем образца при влажности равной или больше предела насыщения клеточных стенок, м³ (см³).

При исследовании разбухания древесины применялись образцы в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 10 мм (ГОСТ 16483.35-88) [5].

Полное разбухание (α_{\max}) в процентах было вычислено по формуле

$$\alpha_{\max} = 100(a_{\max} - a_{\min}) / a_{\max},$$

где – a_{\max} – размер (объем) образца при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок, мм (мм³);

a_{\min} – размер (объем) образца в абсолютно сухом состоянии, мм (мм³).

При исследовании усушки древесины применялись образцы в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 10 мм (ГОСТ 16483.37-88) [6].

Полную усушку (β_{\max}) в процентах вычисляли по формуле

$$\beta_{\max} = 100(a_{\max} - a_{\min}) / a_{\max},$$

где a_{\max} – размер (объем) образца при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок, мм (мм³);

a_{\min} – размер (объем образца, в абсолютно сухом состоянии, мм (мм³).

Для испытания по определению предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон применялись образцы в виде прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм (ГОСТ 16483.10-73), [7]. Предел прочности σ_w , МПа был вычислен по формуле

$$\sigma_w = P_{\max} / a \cdot b,$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;

a и b – поперечные размеры образца, мм.

Вычисление проводят с округлением до 0,5 МПа.

Для испытания на определение прочности древесины при статическом изгибе применялись образцы в виде прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм (ГОСТ 16483.3-84) [8].

Предел прочности вычислялся по формуле, МПа,

$$\sigma_w = 3P_{\max} l / 2bh^2,$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;

l – расстояние между центрами опор, равное 240 мм;

b – ширина образца, мм;

h – высота образца, мм.

Результаты вычисления округляют до 1 МПа.

Для испытания на определение ударной вязкости древесины образцы изготавливают в форме прямоугольного бруска сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм (ГОСТ 16483.4-73) [9]. Испытательная машина – маятниковый копер с запасом энергии 100 Дж.

После проведения испытания ударную вязкость (A_w) в Дж/см² вычисляют по формуле

$$A_w = Q / b \cdot h,$$

где Q – работа, затраченная на излом образца, Дж;

b – ширина образца, см;

h – высота образца, см.

Вычисление производят с округлением до 0,1 Дж/см².

Статическую твердость определяют на поверхностях тангентального, радиального и поперечного разрезов древесины. Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы сечением 50×50 мм и длиной вдоль волокон 50 мм (ГОСТ 16483.17-81) [10].

После испытания статическую твердость образца H'_w при влажности (W) в момент испытания при заглублении на 5,64 мм вычисляют в Н/мм² по формуле

$$H'_w = F / \pi \cdot r^2,$$

где F – нагрузка при вдавливании пуансона в образец, Н;

r – радиус полусферы пуансона, мм.

Для проведения испытания на влагопоглощение и водопоглощение образцы изготавливаются в форме прямоугольной призмы основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 10 мм (ГОСТ 16483.19-72, ГОСТ 16483.20-72) [11,12].

При испытании на влагопоглощение образцы выдерживались над насыщенным раствором соды, а при испытании на водопоглощение образцы вымачивались в дистиллированной воде.

После проведения испытания количество поглощенной влаги/воды (W) в процентах было вычислено с точностью до 0,1 % по формуле

$$W = ((m_n - m_1) / (m_1 - m)) \cdot 100,$$

где m – масса бюксы, г;

m_1 – масса бюксы с образцом в абсолютно сухом состоянии, г;

m_n – масса бюксы с образцом, взвешенной через n суток с момента первоначального помещения образца в эксикатор, г.

Экспериментальное исследование вышеуказанных факторов позволило получить следующие результаты: средняя влажность образцов термически модифицированной древесины составляет 2,3 %, а влажность образцов немодифицированной древесины 10,1 % (табл. 2).

На основе анализа результатов исследований было установлено, что базисная плотность термически модифицированной

Изменения свойств термически модифицированной древесины сосны в сравнении с немодифицированной

Определяемая величина	Обозначение	Ед. измерения	Сосна термически модифицированная	Сосна немодифицированная	Изменение
Температура обработки	T	°С	185	20	–
Средняя влажность в момент испытания	W	%	2,3	10,1	–
Базисная плотность	ρ_b	кг/м ³	356	472	– 25 %
Усушка	A	%	5,7	10,7	– 47 %
Разбухание	B	%	5,5	15,1	– 64 %
Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон	σ_w	МПа	42,9	60,1	– 29 %
Предел прочности при статическом изгибе	σ_w	МПа	44,8	89,7	– 50 %
Ударная вязкость при изгибе	A	Дж/см ²	2,3	4,6	– 50 %
Статическая твердость					
Поперечный разрез	H_w	Н/мм ²	33,0	30,3	+ 9 %
Радиальный разрез	H_w	Н/мм ²	16,8	20,1	– 16 %
Тангентальный разрез	H_w	Н/мм ²	17,0	19,5	– 13 %
Влагопоглощение	W	%	7,7	15,2	– 49 %
Водопоглощение	W	%	195,6	149,5	+ 31 %

древесины на 25 % ниже плотности немодифицированной древесины.

Объемная усушка термически модифицированной древесины на 47 % ниже усушки немодифицированной.

Разбухание термически модифицированной древесины на 64 % ниже разбухания немодифицированной.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон термически модифицированной древесины сосны снижен на 29 % по сравнению с немодифицированной.

Предел прочности при статическом изгибе термически модифицированной древесины сосны снижен на 50 % по сравнению с немодифицированной.

Ударная вязкость при изгибе термически модифицированной древесины сосны снижена на 50 % по сравнению с немодифицированной.

Статическая твердость термически модифицированной древесины снижается на 16 % на радиальном и на 13 % на тангентальном разрезе и повышается на 9 % на поперечном разрезе по сравнению с немодифицированной древесиной.

Влагопоглощение термически модифицированной древесины понижается на 49 % по

сравнению с немодифицированной, а водопоглощение повышается на 31 % по сравнению с немодифицированной древесиной.

Внешний вид термически модифицированной древесины после термической модификации значительно улучшился. Бревна приобрели коричневый оттенок с шелковистым блеском, что выгодно подчеркнуло естественную красоту текстуры дерева и сделало менее заметным грибные поражения и синеву.

Результаты исследований позволяют рассматривать возможность использования термически модифицированных бревен, а также бруса для создания малых архитектурных форм, садовой и парковой мебели. Однако следует учитывать снижение некоторых прочностных характеристик при проектировании изделий, подвергающихся повышенным нагрузкам.

Библиографический список

1. ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям. – Введ. 1990-07-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 10 с.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов. – 4-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 340 с.

3. ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Методы определения влажности. – Введ. 1973-01-01. – М.: Стандартинформ : 2006. – 3 с.
4. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. – Введ. 1985-07-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.
5. ГОСТ 16483.35-88. Древесина. Метод определения разбухания. – Введ. 1990-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.
6. ГОСТ 16483.37-88. Древесина. Метод определения усушки. – Введ. 1990-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.
7. ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. – Введ. 1974-07-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
8. ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. – Введ. 1985-07-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
9. ГОСТ 16483.4-73. Древесина. Методы определения ударной вязкости при изгибе. – Введ. 1974-07-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
10. ГОСТ 16483.17-81. Древесина. Метод определения статической твердости. – Введ. 1983-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
11. ГОСТ 16483.19-72. Древесина. Метод определения влагопоглощения. – Введ. 1974-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 3 с.
12. ГОСТ 16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения. – Введ. 1974-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1999. – 3 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*)

Е.Г. ВЛАДИМИРОВА, асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ

egvl@mail.ru

В настоящее время в мире активно развиваются различные технологии термической модификации древесины.

Большой интерес представляет такой показатель, как прочность древесины.

Было проведено исследование изменения предела прочности при статическом изгибе термически модифицированной древесины сосны.

Испытания проводились в лаборатории Лаппеенрантского технологического университета Финляндии (Lappeenranta University of Technology) и были продолжены позднее в Московском государственном университете леса.

По данным Технического исследовательского центра Финляндии (VTT), прочность на изгиб у термически модифицированной древесины сосны возрастает при температуре от 100°C до 160°C со 100МПа до 110МПа и постепенно уменьшается при температуре от 160°C до 220°C со 110МПа до 75МПа. Стремительное падение прочности начинается при температуре выше 220°C [3].

Согласно данным компании Эбису, прочность термически модифицированной древесины при статическом изгибе изменяется в пределах от –15 % до +20 % [2].

Результаты исследований, проведенных Кялландером и др., показывают среднее снижение прочности древесины у ели европейской (*Picea exelsa*) при изгибе на 5 %. Испытания проводились при максимальной температуре сушки 125°C [4].

По данным Хомана и др., у термически модифицированной древесины значительно ухудшаются механические свойства. Так, средняя потеря прочности при изгибе составляет от 5 % до 18 % в зависимости от условий испытания [5].

По исследованиям Гиебелера (1983), прочность при изгибе снижается у термически модифицированной древесины от 20 % до 50 % после сушки при температурах от 180°C до 200°C [6].

Что касается прочности немодифицированной древесины сосны, то, согласно данным Б.Н. Уголева, прочность древесины

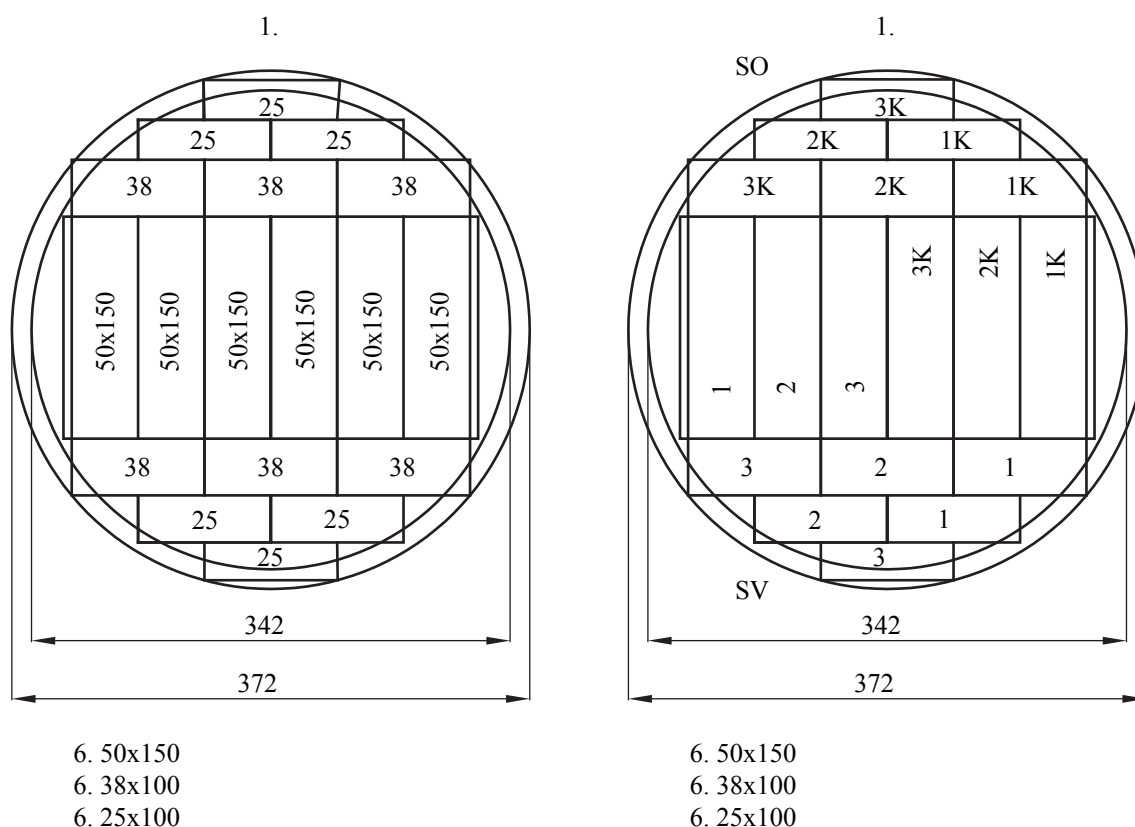


Рис. 1. Схема распиловки бревна с размерами получаемых пиломатериалов с обозначениями досок

сосны при статическом изгибе и влажности 12 % равна 85 МПа [1].

В наших исследованиях для испытаний был использован предварительно заготовленный материал в виде досок из древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Пиломатериалы были получены из 86 стволов древесины, которые в свою очередь были распилены на 280 бревен. Длина бревен была 4,83 м и 3,10 м соответственно. Бревна были размечены на 4 типа А (комлевое бревно), В (второе бревно по направлению от комля к вершине), С1 (третье бревно по направлению от комля к вершине), С2 (четвертое бревно по направлению от комля к вершине).

Все бревна были распилены по 8 поставам (рис. 1). Выпиленные пиломатериалы имели следующие типоразмеры: сечение 25×100 мм, 38×100 мм, 50×150 мм и длина 4830 мм и 3100 мм.

В процессе распиловки, каждой доске был присвоен код, который дает следующую информацию, например, 575С12М1РV, где 5 – номер постава, 75 – номер ствола, С1 – тип бревна, 2 – длина бревна, М – уровень

в бревне, 1 – расположение доски в поставе, РV – направленность доски в поставе (справа, слева).

Все пиломатериалы, выпиленные из бревен, были подвергнуты обработке в соответствии со стандартными классами термической модификации древесины. Согласно данной классификации, термически модифицированная древесина по применению разделяется на два класса, разработанных Техническим исследовательским центром Финляндии (VTT).

Класс S («Stability») «Стабильность» характеризует древесину, прошедшую средний уровень модификации (для хвойных пород $t \approx 190^\circ\text{C}$). Изделия из нее применяются в сухих и полусухих помещениях, где не требуется высокая устойчивость к биоразрушениям.

Класс D («Durability») «Долговечность или Устойчивость к загниванию» характеризует древесину, прошедшую высокий уровень модификации (для хвойных пород $t \approx 212^\circ\text{C}$). Изделия из нее применяются во влажных условиях [7].

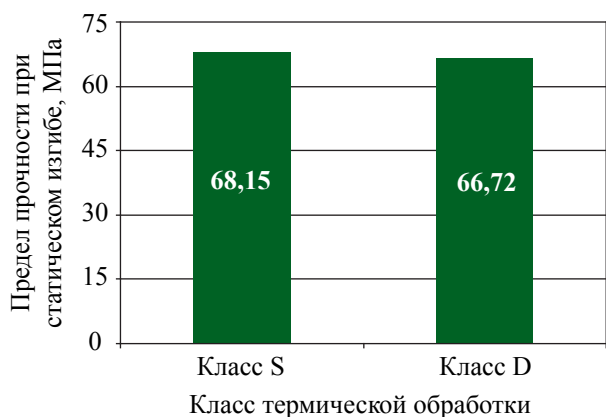


Рис. 2. Влияние класса термической обработки на предел прочности термически модифицированной древесины

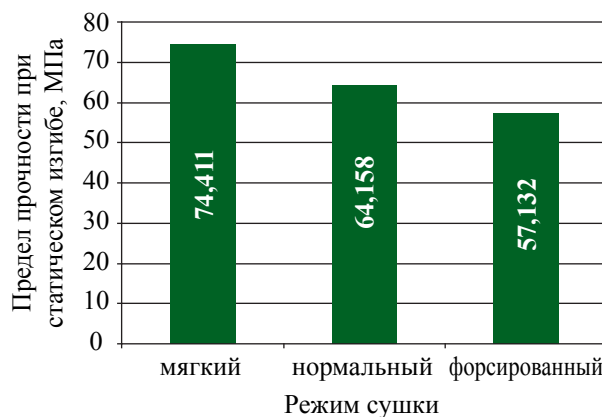


Рис. 3. Влияние интенсивности режима высокотемпературной сушки на предел прочности термически модифицированной древесины

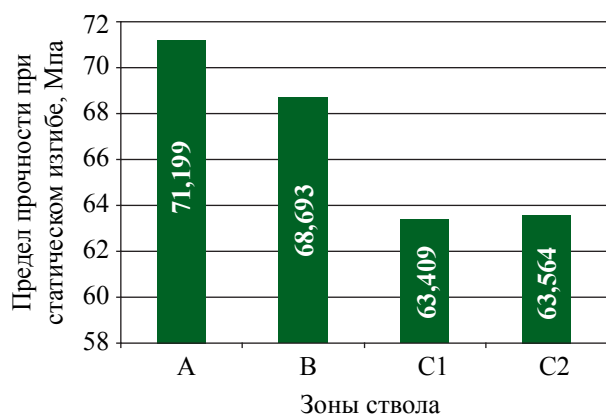


Рис. 4. Изменение предела прочности термически модифицированной сосны при статическом изгибе в зависимости от зоны ствола

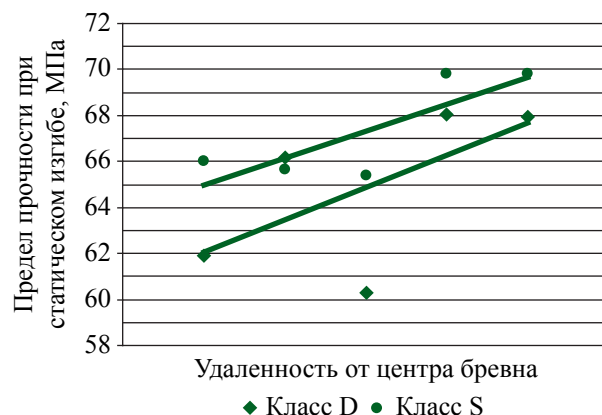


Рис. 5. Изменение предела прочности термически модифицированной сосны при статическом изгибе в зависимости от удаленности от центра бревна, класс термообработки S и D

Для испытания древесины на статический изгиб применялись образцы нормализованной влажности в форме бруска размерами 20×20×300 мм в соответствии с ГОСТ 16483.3-84, выпиленные из пиломатериалов.

Нагружение образца проводилось на опытной установке, в статическом режиме, с постепенным увеличением изгибающих усилий. После измерения посередине длины образца ширины b – в радиальном и высоты h – в тангенциальном направлении с погрешностью до 0,1 мм он был расположен на двух опорах. Пролет l , т.е. расстояние между центрами опор, равен 240 мм. Нагружали образец в одной точке посередине пролета. Опоры и нажимные ножи имели закругления радиусом 30 мм. Скорость непрерывного нагружения была такой, чтобы образец разрушился через 0,5–2 мин.

Испытание продолжали до разрушения образца, определяя максимальную нагрузку. Определив максимальную нагрузку, вычислили предел прочности МПа, по формуле

$$\sigma_w = 3P_{\max} l / 2bh^2.$$

Далее представлены результаты исследования влияния различных факторов на предел прочности древесины (рис. 2–5).

Анализ результатов исследований показывает, что в среднем предел прочности при статическом изгибе у термически модифицированной древесины сосны снижается на 20 % по сравнению с немодифицированной, с 85 МПа до 68 МПа [1]. Максимальное значение предела прочности составляет – 132 МПа, минимальное – 19 МПа, среднеквадратическое отклонение – 18 МПа.

Помимо этого в ходе исследований было установлено следующее:

– класс термообработки (в зависимости от требования к конечным свойствам материала и назначения продукции) не оказывает существенного влияния на предел прочности при статическом изгибе термически модифицированной древесины;

– предел прочности термически модифицированной древесины при статическом изгибе изменяется в зависимости от интенсивности выхода на максимальную температуру, при повышении интенсивности предел прочности уменьшается (прочность образцов, высушенных при мягких режимах сушки, выше, чем прочность образцов, высушенных при форсированных режимах сушки);

– предел прочности термически модифицированной древесины при статическом изгибе изменяется в зависимости от уровня расположения древесины в бревне (зоны ствола) (прочность древесины уменьшается по направлению от комля к вершине, образцы, выпиленные из комлевой части бревна, имели большую прочность, чем образцы, выпиленные из вершинной части);

– предел прочности термически модифицированной древесины, при классах термообработки S и D, изменяется в зависимости от удаленности от центра бревна (прочность возрастает по направлению от центральной зоны бревна к периферической).

Результаты свидетельствуют о снижении предела прочности древесины при термической модификации, что должно быть учтено при проектировании изделий, подвергающихся повышенным нагрузкам.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов. – 4-е изд / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2005. – 340 с.
2. ЭБИСУ [Электронный ресурс] / Сайт компании Эбису. URL: <http://www.ebisuwood.ru/en/tmd-properties> (дата обращения: 28.04.2011).
3. Anonymous, 2003. ThermoWood Handbook. [Электронный ресурс] / Сайт Finnish Thermowood Association. Helsinki, Finland – 63 с. URL: <http://www.thermowood.fi/> (дата обращения: 28.04.2011).
4. Källander B., Bengtsson C. High Temperature drying of Norway Spruce: effects of elevated temperature on wood properties. SP Swedish National Testing and Research Institute, Box 857, 501 15 Borås Sweden. ex proceedings: COST E15 Conference, Athens, N.A.G.R.E.F., 22–24 April 2004. – 10 с.
5. Waldemar Homan, Boke Tjeerdma, Erwin Beckers and André Jorissen. [Электронный ресурс] / Structural and other properties of modified wood. URL: <http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/3-5-1.pdf> – 8 с. (дата обращения 28.04.2011).
6. Giebler, E. Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck– Behandlung. Holz als Roh– und Werkstoff 41, 1983. – с. 87–94.
7. APROW [Электронный ресурс] / Научно-производственное предприятие «Апров» URL: <http://termoderevo.com.ua/> (дата обращения 28.04.2011).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ЧИСТОМ СДВИГЕ

Д.В. ТУЛУЗАКОВ, доц. каф. сопротивления материалов МГУЛ, канд. техн. наук,
Ю.Г. ЛАПШИН, проф. каф. сопротивления материалов МГУЛ, д-р техн. наук,
А.С. АРХИПОВ, асп. каф. сопротивления материалов МГУЛ

caf-sopromat@mgul.ac.ru

При оценке прочности древесно-стружечных плит в угловых соединениях корпусной мебели приходится использовать критерии прочности для анизотропных материалов [1].

Для этого необходимо экспериментально определить такие показатели механических свойств [2, 3], как

σ_{B1}^+ , σ_{B2}^+ – пределы прочности при растяжении в главных направлениях анизотропии;

σ_{B1}^- , σ_{B2}^- – пределы прочности при сжатии в главных направлениях анизотропии;

τ_{B0} – предел прочности при сдвиге по главным направлениям анизотропии;

τ_{B45}^+ , τ_{B45}^- – пределы прочности при сдвиге под углом $\pm 45^\circ$ к главным направлениям анизотропии для двух направлений касательного напряжения.

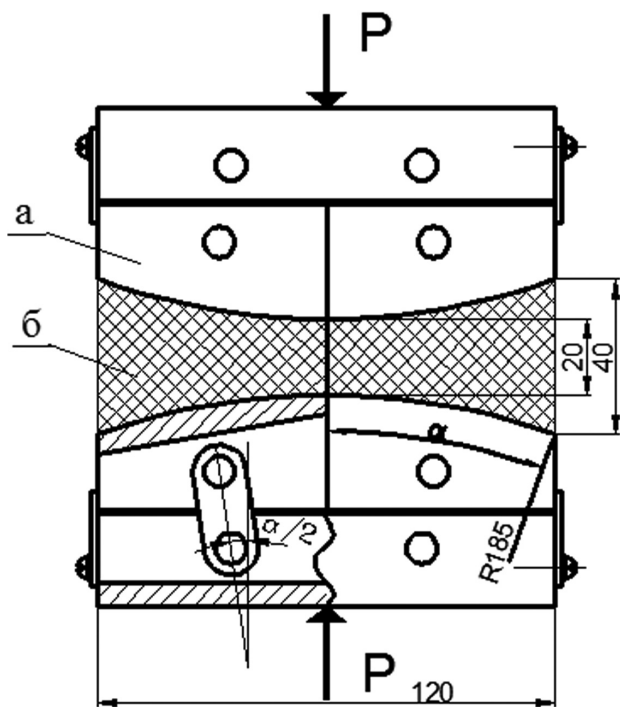


Рис. 1. Схема приспособления для испытаний при чистом сдвиге

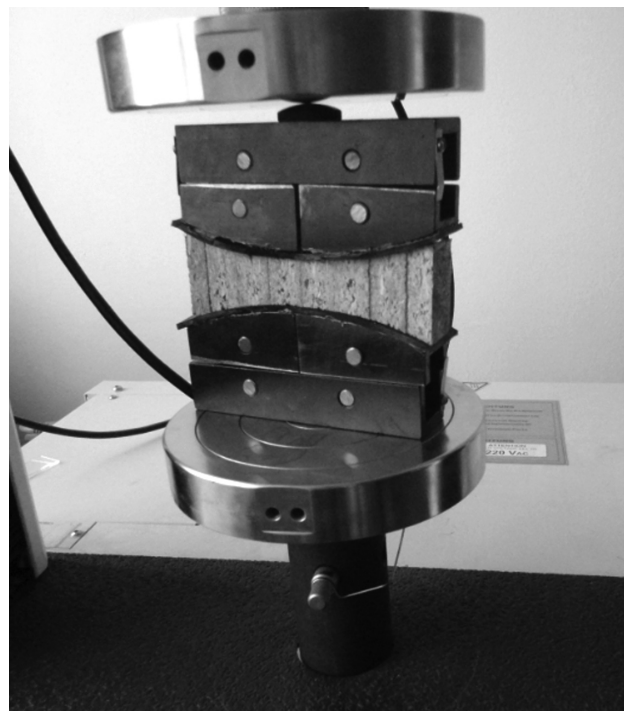


Рис. 2. Образец, закрепленный в пресс-машине Instron

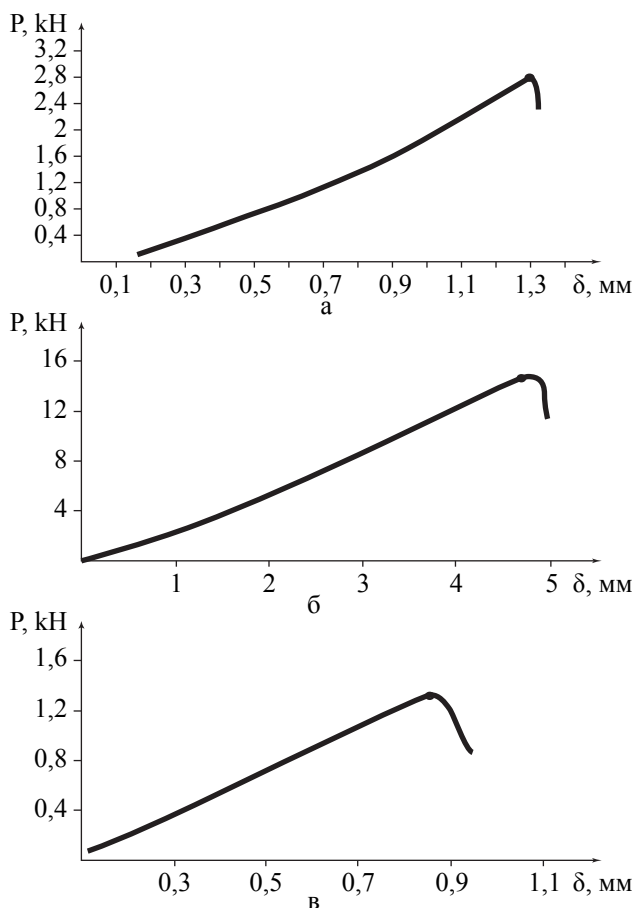


Рис. 3. Диаграммы «P-δ» (нагрузка-перемещение) для определения: а) τ_b ; б) τ_{45}^+ ; в) τ_{45}^-

Если показатели прочности древесно-стружечных плит при растяжении, сжатии определить несложно, то определение прочности при чистом сдвиге можно выполнить, используя методику, предложенную В.В. Тулузаковым [4] для исследования чистого сдвига натуральной древесины. В соответствии с этой методикой на кафедре сопротивления материалов МГУЛ было изготовлено приспособление и образцы (рис. 1) для испытаний древесно-стружечных плит при чистом сдвиге.

Определение показателей прочности проводили при чистом сдвиге по этой методике, а показатели прочности при растяжении (изгибе-сжатии) определяли стандартными методами.

На рис. 2 представлен рабочий момент исследований чистого сгиба.

Прочность при сжатии определяли по стандартным методикам для натуральной древесины. Поскольку по толщине плита имеет различную плотность, показатели механических свойств определяли для наружных и внутренних слоев плиты. Кроме того, определяли плотность наружных и внутренних слоев.

Соотношение показателей прочности ДСтП

Наружный слой	Внутренний слой
$\sigma_{1н}^+ = \sigma_n$	$\sigma_{1в}^+ = 12,5 \sigma_p$
$\sigma_{2н}^+ = \sigma_{отр} = 0,82\sigma_n$	$\sigma_{2в}^+ = \sigma_p$
$\sigma_{1в}^- = 20\sigma_{отр} = 15,6\sigma_n$	$\sigma_{1в}^- = 10 \sigma_p$
$\sigma_{2в}^- = 23\sigma_{отр} = 19,6\sigma_n$	$\sigma_{2в}^- = 23 \sigma_p$
$\tau_n = 2,2\sigma_{отр} = 0,2\sigma_n$	$\tau_v = 2,2 \sigma_p$
$\tau_v^+ = 10\sigma_{отр} = 0,82\sigma_n$	$\tau_v^+ = 10 \sigma_p$
$\tau_v^- = \sigma_{отр} = 0,082\sigma_n$	$\tau_v^- = \sigma_p$

Касательные напряжения при испытаниях на чистый сдвиг определяли по выражению [1]

$$\tau = P / 2bR\sin\alpha_0,$$

где P – разрушающее усилие, кН;

b – толщина образца, мм;

R – радиус сечения образца, на который приложено усилие P ;

α_0 – угол, представленный на рис. 1.

На рис. 3 представлены диаграммы «нагрузка–перемещение» при проведении испытаний на чистый сдвиг. Как видно из этих диаграмм, деформирование при этом вплоть до разрушения носит линейный характер. При сжатии (особенно в направлении, перпендикулярном пласти плиты) происходит уплотнение материала так же, как у натуральной древесины.

В результате испытаний получены следующие результаты:

- плотность плиты $\rho = 790 \text{ кг/м}^3$;
- плотность наружных слоев $\rho_n = 930 \text{ кг/м}^3$;
- плотность внутренних слоев $\rho_v = 650 \text{ кг/м}^3$;
- прочность при изгибе $\sigma_n = 20,4 \text{ МПа}$;
- прочность при растяжении перпендикулярно пласти $\sigma_{p90} = 0,64 \text{ МПа}$;
- прочность при отрыве наружного слоя $\sigma_{отр} = 1,65 \text{ МПа}$;
- прочность при изгибе внутреннего слоя $\sigma_{ив} = 8 \text{ МПа}$;
- прочность при чистом сдвиге внутреннего слоя $\tau_{в45}^+ = 6,2 \text{ МПа}$, $\tau_{в45}^- = 0,64 \text{ МПа}$, $\tau_v = 1,4 \text{ МПа}$.

Прочностные характеристики [2, 3] ортотропного материала должны удовлетворять условию

$$(1/\sigma_{в1}^+ - 1/\sigma_{в1}^-) - (1/\sigma_{в2}^+ - 1/\sigma_{в2}^-) = (1/\tau_{в45}^+ - 1/), \quad (1)$$

где индекс «в» означает внутренние слои плиты.

Проверим, соответствуют ли полученные экспериментальные данные для среднего слоя соотношению

$$(1/8 - 1/15,4) - (1/0,64 - 1/6,67) = (1/6,2 - 1/0,64)1,35 = 1,4$$

Расхождение менее 5 % позволяет заключить, что соотношение (1) выполняется.

Таким образом, для приблизительной оценки показателей прочности древесно-стружечных плит как анизотропного неоднородного материала по результатам стандартных (σ_n , σ_p , $\sigma_{н.с.}$) испытаний можно пользоваться данными таблицы.

Библиографический список

1. Лапшин, Ю.Г. Прочность угловых соединений корпусной мебели из древесно-стружечных плит / Ю.Г. Лапшин, Д.В. Тулузаков, А.С. Архипов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 6.
2. Ошкенадзи, Е.К. Вопросы анизотропии прочности / Е.К. Ошкенадзи // Механика полимеров. – 1965. – №2.
3. Гольденблат, И.И. Критерии прочности анизотропных стеклопластиков / И.И. Гольденблат, В.А. Копнов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1965. – №5.
4. Тулузаков, В.В. Исследование чистого сдвига древесины: дисс. ... канд. техн. наук / В.В. Тулузаков. – М., 1969.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСПИЛОВОЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗАГОТОВОК

О.И. ЕРХОВА, *асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*

oierhova@mail.ru

Распиловочные размеры пиломатериалов – это средние размеры сечений сырых досок, которые формируются в процессе распиловки. С целью обеспечения заданных размеров сухих досок должны учитываться припуски на усушку и погрешности размеров сечений досок.

Известно, что в технологических процессах пиления и сушки возникают случайные погрешности размеров сечений досок [1, 2]. В основном они связаны:

- с параметрами пил (толщиной, шириной, диаметром пил, шагом зубьев пил и их угловыми характеристиками);

- с затуплением пил;

- с качеством подготовки и настройки пил на размеры выпиливаемых досок (вальцеванием пил, плющением зубьев, изготовлением межпилльных прокладок, разделительных колец и т.д.);

- с геометрическими размерами и случайными свойствами предмета обработки (с изменением плотности древесины, направления волокон, с наличием сучков и др.);

- с условиями базирования предмета обработки;

- с изменением технического состояния станков;

- с систематическими погрешностями для отдельных досок, которые увеличивают суммарную дисперсию размеров сечений сырых досок в партии;

- с неравномерностью величины усушки по толщине и ширине в каждом сечении доски.

Все перечисленные факторы определяют рассеивание размеров сечений сухих досок.

Случайные погрешности размеров пиломатериалов в процессах пиления и сушки обуславливают их суммарную дисперсию $\sigma_{\text{сух}}^2$.

Суммарная дисперсия $\sigma_{\text{сыр}}^2$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma_{\text{сыр}}$ сырых пи-

ломатериалов не зависят от размеров их сечений. Среднее квадратическое отклонение принимается по данным выборочных измерений размеров сечений пиломатериалов на конкретном предприятии и может находиться в пределах 0,6–0,8 мм в зависимости от вида, состояния лесопильного оборудования и технологической дисциплины. Для предприятий, использующих круглопильное и рамное оборудование при нормированных толщинах пил, среднее квадратическое отклонение можно принять равным 0,7 мм, а для предприятий, использующих ленточнопильное оборудование – 0,8 мм.

Известно, что в процессе сушки величина усушки досок случайно изменяется из-за колебаний плотности древесины и других свойств. Коэффициент вариации усушки μ равен

$$\mu = \sigma_{y_{\text{ус}}} / y_{\text{ус}}; \quad (1)$$

где $\sigma_{y_{\text{ус}}}$ – среднее квадратическое отклонение величины усушки;

$y_{\text{ус}}$ – средняя величина усушки, нормированная таблицами ГОСТ.

Для хвойных пиломатериалов по результатам измерений величины усушки и ее рассеивания Курицыным А.К. предложено считать коэффициент вариации усушки постоянным и равным $\mu = 0,3$ [2]. Тогда $\sigma_{y_{\text{ус}}}^2$ – составляющая суммарной дисперсии размеров досок, вносимая усушкой, определяется по формуле

$$\sigma_{y_{\text{ус}}}^2 = 0,09y_{\text{ус}}^2. \quad (2)$$

Суммарное среднее квадратическое отклонение размеров сечений сухих пиломатериалов с нормированной влажностью определяется из соотношения

$$\sigma_{\text{сух}} = \sqrt{\sigma_{\text{сыр}}^2 + \sigma_{y_{\text{ус}}}^2} = \sqrt{\sigma_{\text{сыр}}^2 + 0,09y_{\text{ус}}^2}. \quad (3)$$

Оно зависит от размеров сечений досок, так как связано с усушкой.

Обширными экспериментальными исследованиями, проведенными в 70–80-х гг.

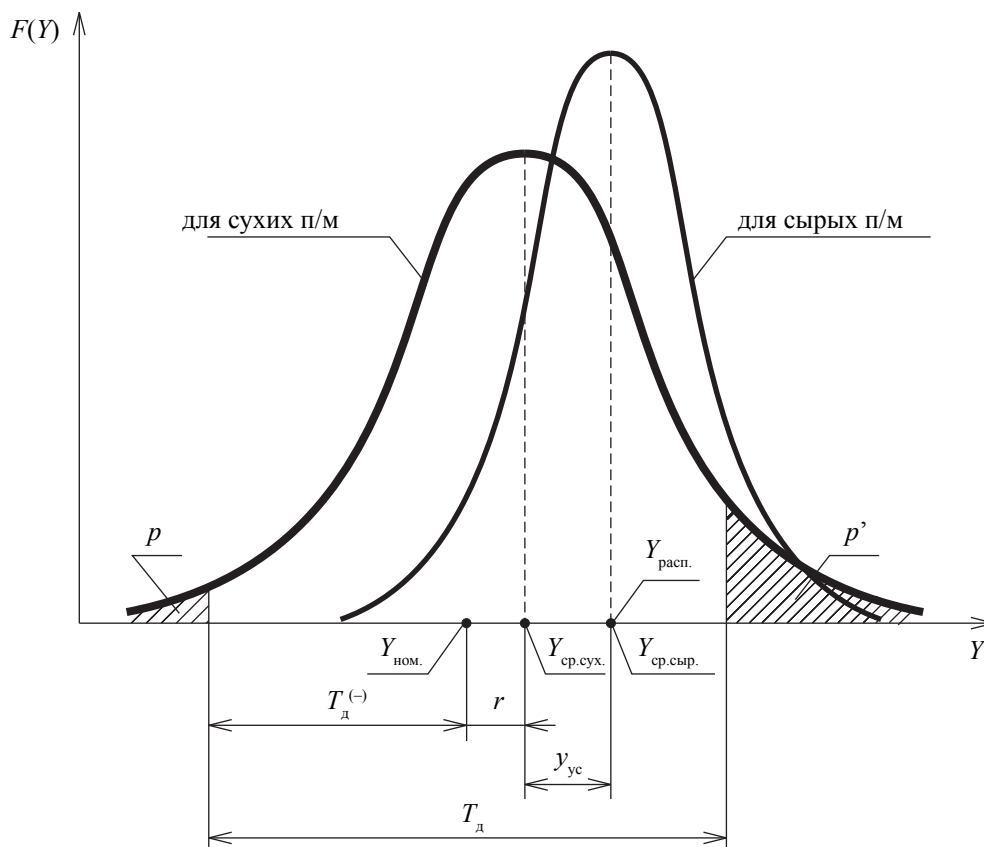


Рис. 1. Распределение размеров сечений сырых и сухих пиломатериалов

[1, 2], была подтверждена статистическая гипотеза, что случайные размеры сечений пиломатериалов распределены по нормальному закону.

На рис. 1 показаны кривые нормального распределения размеров Y сечений сырых и сухих пиломатериалов. Здесь приняты обозначения:

$Y_{\text{ср.сыр.}}$ – среднее значение (центр распределения) размеров сырых досок;

$Y_{\text{ср.сух.}}$ – среднее значение (центр распределения) размеров сухих досок;

$Y_{\text{ном.}}$ – номинальный размер пиломатериалов (при нормированной влажности 20 %);

$y_{\text{ус}}$ – припуск на усушку;

$T_{\text{д}}^{(-)}$ – отрицательная часть поля допуска размеров сечений досок.

Заштрихованные площади:

p – вероятность появления сухих досок (уровень дефектности) с размерами ниже нижней границы поля допуска;

p' – вероятность появления сухих досок с размерами выше верхней границы поля допуска.

Среднее значение размеров сырых досок $Y_{\text{ср.сыр.}}$ равно распиловочному размеру сырых досок $Y_{\text{расп.}}$. Именно относительно этого размера происходят случайные отклонения фактических размеров сечений досок. По распиловочному размеру выпиливаемой доски легко определить размер настроечного элемента (толщину межпилльной прокладки, разделительного кольца и т. п.), прибавив к распиловочному размеру удвоенное уширение зубьев пил на сторону.

Отклонения размеров пиломатериалов от распиловочного размера должны находиться в стандартизованном поле допуска. Однако фактическое поле рассеивания обычно не укладывается в поле допуска. Имеется часть досок, размеры которых ниже нижней и выше верхней границы поля допуска.

Для потребителя пиломатериалов особенно нежелательным является появление досок с заниженными размерами. Поэтому ограничивается в основном уровень дефектности p в пределах $1 \div 5$ %. Для экспортной пилопродукции может быть ограничен и уро-

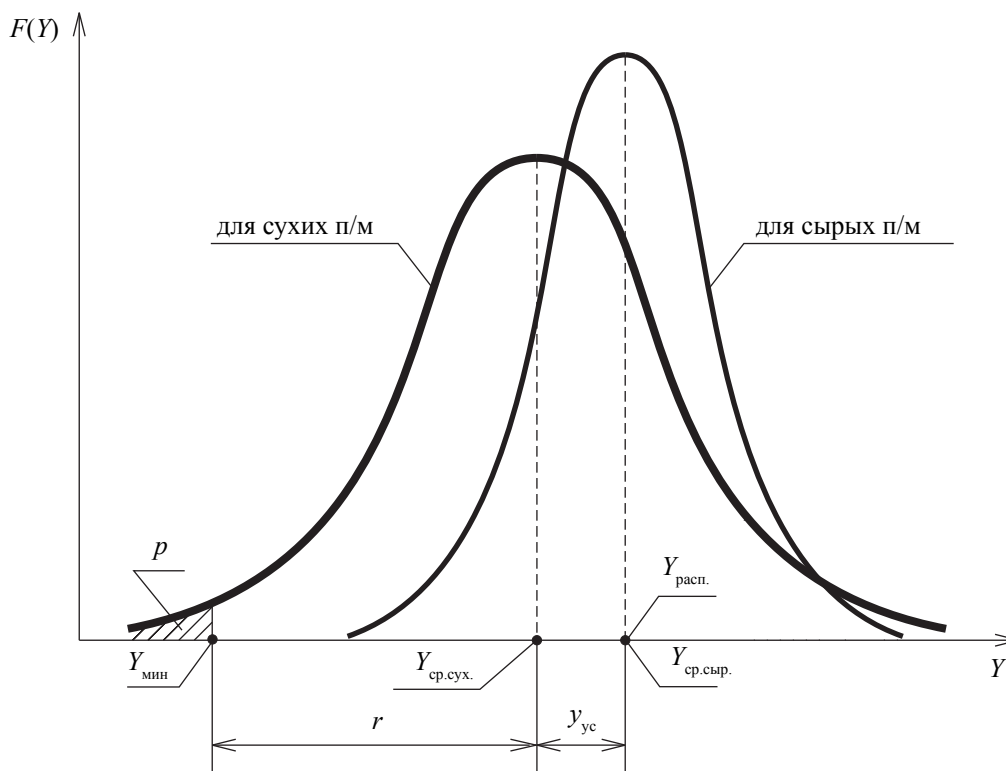


Рис. 2. Распределение размеров сечений сырых и сухих пиломатериалов при производстве заготовок

вень дефектности p' не выше 25 % (обычно это условие удовлетворяется).

Чтобы не превышать заданный уровень дефектности пиломатериалов по снижению размеров ниже нижней границы поля допуска, центр распределения размеров сырых досок $Y_{\text{сп.сыр.}}$ и, следовательно, сухих досок $Y_{\text{сп.сух.}}$ смещают в большую сторону на величину распиловочного припуска r , что приводит к завышению распиловочного размера $Y_{\text{расп.}}$ сырых пиломатериалов.

Исходя из нормального распределения размеров сечений пиломатериалов для расчета распиловочного припуска получено соотношение [1]

$$r = \tau \sigma_{\text{сух}} - |T_{\text{д}}^{-1}|, \quad (4)$$

где τ – аргумент функции Лапласа для заданной вероятности p .

При значительном отрицательном допуске распиловочный припуск для отдельных размеров досок может быть отрицательным, что будет способствовать экономии древесины.

Распиловочный размер для сырых пиломатериалов (средний размер сырых пиломатериалов) определяется по формуле

$$Y_{\text{расп.}} = Y_{\text{ном}} + r + y_{\text{ус}}, \quad (5)$$

где величина усушки назначается для нормированной влажности 20 %.

Следует заметить, что введение распиловочных припусков, даже несмотря на потери древесины, необходимо. В ситуации, когда превышает допустимый уровень дефектности досок в партии по занижению размеров их сечений, производитель может получить рекламацию. Тогда его потери будут больше, чем экономия на распиловочных припусках размеров сечений досок.

При производстве заготовок заказ на распиловку черновых пиломатериалов может осуществляться по минимальным размерам сечений пиломатериалов. Такой подход способствует сбережению ресурсов древесины и привлекает внимание исследователей [3]. Предлагаемая методика расчета распиловочных размеров пиломатериалов при производстве заготовок основана на изложенной концепции распиловочного припуска размеров сечений досок [1].

Как и ранее, выдвигается требование обеспечения допустимого уровня дефектности p по снижению фактических размеров сечений черновых заготовок относительно заданных

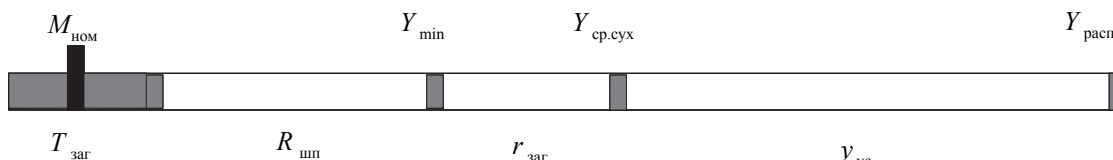


Рис. 3. Схема размерной цепи при расчете распиловочных размеров сечений досок по минимальным размерам

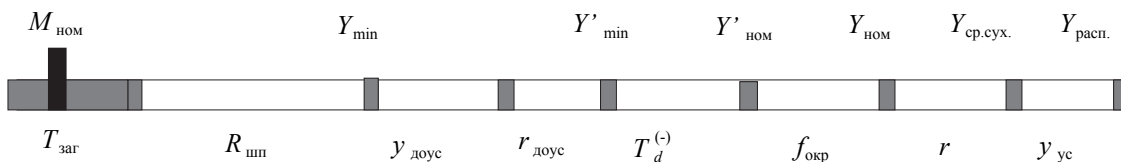


Рис. 4. Схема размерной цепи при расчете распиловочных размеров сечений досок по номинальным размерам пиломатериалов

минимальных размеров Y_{\min} . При этом поле допуска размеров сечений пиломатериалов не вводится и принимается равным нулю.

На рис. 2 приведены кривые нормального распределения размеров сечений сырых и сухих пиломатериалов, указаны заданный минимальный размер, распиловочный припуск и распиловочный размер сечения доски.

Распиловочный припуск и распиловочный размер сечения доски определяются по формулам, вытекающим из формул (4) и (5)

$$r_{\text{заг}} = \tau \sigma_{\text{сух}}, \quad (6)$$

$$Y_{\text{расп}} = Y_{\min} + r_{\text{заг}} + y_{\text{ус}}. \quad (7)$$

Минимальный размер досок легко определить по схеме размерной цепи (рис. 3).

Здесь $M_{\text{ном}}$ – номинальный размер заготовок;

$T_{\text{заг}}$ – поле допуска размера заготовки;

$R_{\text{шп}}$ – припуск на шероховатость для двух поверхностей доски (его достаточно принять в размере 3–4 мм).

Минимальный размер доски вычисляется по формуле

$$Y_{\min} = M_{\text{ном}} + R_{\text{шп}}. \quad (8)$$

В настоящее время часто заготовки производятся из пиломатериалов, выпиленных по номинальному размеру. Следует учесть, что номинальные размеры досок формируются для нормированной влажности 20 %, а номинальные размеры заготовок – для влажности 5–10 %. Тогда для получения заготовок следует использовать доски с ближайшим большим номинальным размером. Из-за округления размеров до номинальных возникают дополнительные потери древесины, т.е.

слои фрезерования досок оказывается большими, чем при производстве пиломатериалов по минимальным размерам для выработки заготовок.

На рис. 4 представлена модель размерной цепи при расчете распиловочных размеров сечений досок (черновых заготовок) по номинальным размерам пиломатериалов.

Из анализа схемы размерной цепи следует

$$Y_{\min} = M_{\text{ном}} + R_{\text{шп}}, \quad (9)$$

$$Y'_{\min} = Y_{\min} + y_{\text{доус}} + r_{\text{доус}}, \quad (10)$$

$$Y'_{\text{ном}} = Y'_{\min} + |T_d^{(-)}|, \quad (11)$$

$$Y_{\text{ном}} = Y'_{\text{ном}} + f_{\text{окр}}, \quad (12)$$

$$Y_{\text{срсух}} = Y_{\text{ном}} + r, \quad (13)$$

$$Y_{\text{расп}} = Y_{\text{срсух}} + y_{\text{ус}}, \quad (14)$$

где $y_{\text{доус}}$ – величина доусушки заготовок от влажности 20 % до нормированной влажности чистовых заготовок;

$r_{\text{доус}}$ – припуск на неравномерность величины доусушки заготовок;

$$r_{\text{доус}} = 0,3y_{\text{доус}}, \quad (15)$$

Y'_{\min} – условный минимальный размер доски (черновой заготовки) с учетом величины доусушки и припуска на ее неравномерность;

$Y'_{\text{ном}}$ – условный номинальный размер доски.

Условный номинальный размер доски должен быть округлен до ближайшего большего стандартизованного размера сечения доски. Величина округления составит $f_{\text{окр}}$,

$$f_{\text{окр}} = Y_{\text{ном}} - Y'_{\text{ном}}. \quad (16)$$

Полученные соотношения для размерной цепи позволяют выбирать номинальные

Примеры расчетов размеров сечений досок для производства заготовок

Наименование параметров	По минимальным размерам п/м	По номинальным размерам п/м
Ном. толщина заготовок, мм	35	35
Ном. ширина заготовок, мм	130	130
Влажность заготовок, %	5	5
Мин. толщина досок, мм	39	39
Мин. ширина досок, мм	133	133
Ном. толщина досок, мм	–	44 ($Y_{ном}=42,3$)
Ном. ширина досок, мм	–	150 ($Y_{ном}=140,2$)
Величина округления, мм		
по толщине, мм	–	1,7
по ширине, мм		9,8
Усушка заготовок, мм	Чистовых	Черновых
по толщине, мм	1,9	1,4
по ширине, мм	6,4	3,9
Распиловочный припуск при $\sigma_{сыр} = 0,7$ мм; $p = 1$ %		
по толщине, мм	2,1	–0,1
по ширине, мм	4,76	0,2
Распиловочные размеры		
по толщине, мм	43	45,3
по ширине, мм	144,16	154,1
Коэффициент выхода чистовых заготовок из сырых досок	0,734	0,652
Средний припуск на фрезерование		
по толщине, мм	6,1	7,9
по ширине, мм	8,76	18
Диапазоны колебаний припуска на фрезерование при доверительной вероятности 0,98		
по толщине, мм	4,0–8,2	5,7–10,1
по ширине, мм	4,0–13,52	13,7– 22,3

размеры и распиловочные размеры для получения заготовок с заданным номинальным размером и влажностью.

С целью выявления эффективности различных методик для расчета распиловочных размеров пиломатериалов рассмотрим примеры, приведенные в таблице. Для древесины хвойных пород приняты припуск на шероховатость двух поверхностей доски – 4мм и коэффициент выхода чистовых заготовок как отношение объема чистовой заготовки к объему сырой доски (произведение ее длины на распиловочные размеры сечения).

В строке 9 для пиломатериалов, выпиленных по номинальным размерам, усушка указана для влажности 20 %, а в строке 10 вычислен распиловочный припуск относительно номинального размера.

Для пиломатериалов, выпиленных по номинальным размерам, средний припуск на фрезерование $\Delta_{ср}$ определяется по формуле

$$\Delta_{ср} = R_{шп} + r + r_{доус} + f_{окр} + |T^{(-)}_{д}|. \quad (17)$$

Минимальный припуск на фрезерование $\Delta_{мин}$ равен

$$\Delta_{мин} = R_{шп} + f_{окр}, \quad (18)$$

а максимальный $\Delta_{макс}$

$$\Delta_{макс} = R_{шп} + 2r + 2r_{доус} + f_{окр} + 2|T^{(-)}_{д}|. \quad (19)$$

Для пиломатериалов, выпиленных по минимальным размерам, получим более простые формулы

$$\Delta_{ср} = R_{шп} + r_{заг}; \quad (20)$$

$$\Delta_{мин} = R_{шп}; \quad (21)$$

$$\Delta_{макс} = R_{шп} + 2r_{заг}. \quad (22)$$

Из таблицы видно, что для рассчитанного примера коэффициент выхода заготовок при производстве пиломатериалов по

минимальным размерам больше на 8,2 %, чем при их производстве по номинальным размерам.

Таким образом, деревообрабатывающим предприятиям целесообразно заказывать пиломатериалы, предназначенные для дальнейшего производства заготовок, по минимальным размерам их сечений, а не использовать доски, выпиленные по стандартным номинальным размерам.

Библиографический список

1. Фергин, В.Р. Интенсификация процессов пиления древесины / В.Р. Фергин. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 144 с.
2. Курицын, А.К. Точность процесса распиловки древесины на лесопильных рамах / А.К. Курицын // Механическая обработка древесины. – 1979. – Вып. 8. – 42 с.
3. Курицын, А.К. Размеры черновых пиломатериалов. Метод стандартизации: Проект стандарта / А.К. Курицын. – М.: ООО «Лесэксперт», 2010. – 13 с.

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛЕЕНЫХ СЕКТОРНЫХ БЛОКОВ

В.С. БОЛДЫРЕВ, доц. каф. механической технологии древесины ВГЛТА, канд. техн. наук,
В.Б. ЩЕПКИН, асп. каф. механической технологии древесины ВГЛТА

boldyrev.1950@mail.ru; swb@icmail.ru

Потребность столярно-строительной и мебельной промышленности в прочных и формоустойчивых полуфабрикатах из натуральной (цельной) древесины – радиальных досках, клееных заготовках, столярных щитах – постоянно растет. Однако трудоемкость их производства высока, а полезный выход, например радиальных пиломатериалов из крупномерного сырья, не превышает 30–40 % [1]. Улучшить эти показатели, например, увеличить объемный выход до 75 % и более из

тонкомерного сырья, позволяет изготовление клееной продукции из секторов (рис. 1), которая при прочих равных условиях на 20–30 МПа прочнее радиальных пиломатериалов и клееных брусьев из досок прямоугольного сечения [2].

Процесс изготовления секторной клееной продукции холодным способом можно представить следующей схемой (рис. 2)

Остановимся на отличительных особенностях этой технологии.

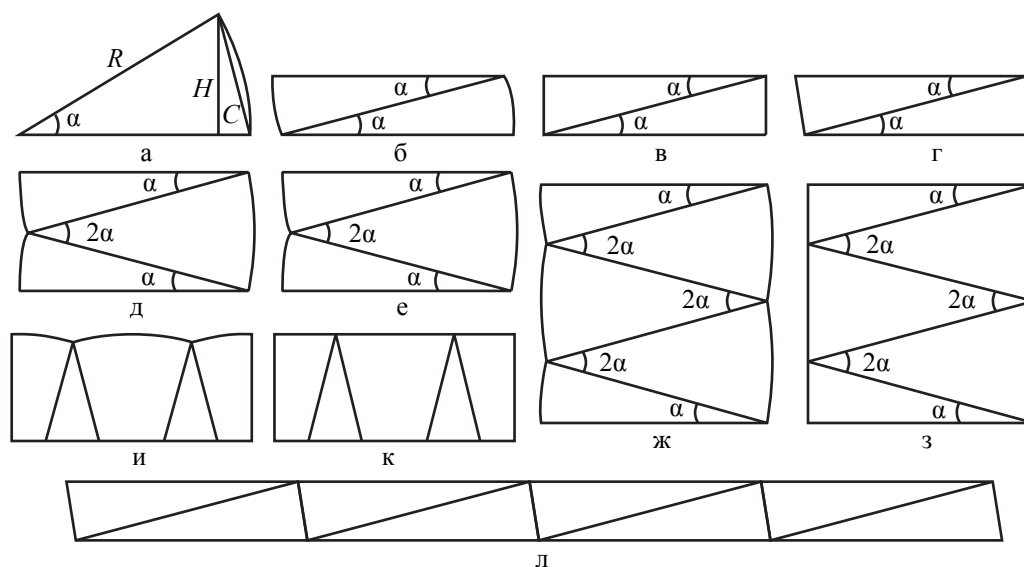


Рис. 1. Схемы поперечного сечения сектора (а) и клееной секторной продукции: двухслойные блоки из необрезных (б), обрезанных по высоте (в) и хорде (г) секторов; трехслойные блоки из необрезных (д) и обрезанных по хорде (е) секторов; многослойные блоки из необрезных (ж) и обрезанных по хорде (з) секторов; и, к – щиты, выпиленные соответственно из блоков ж и з; л – щит, склеенный по хорде из двухслойных блоков г; α – центральный (присердцевинный) угол; R, H и C – соответственно радиус, высота и хорда сектора

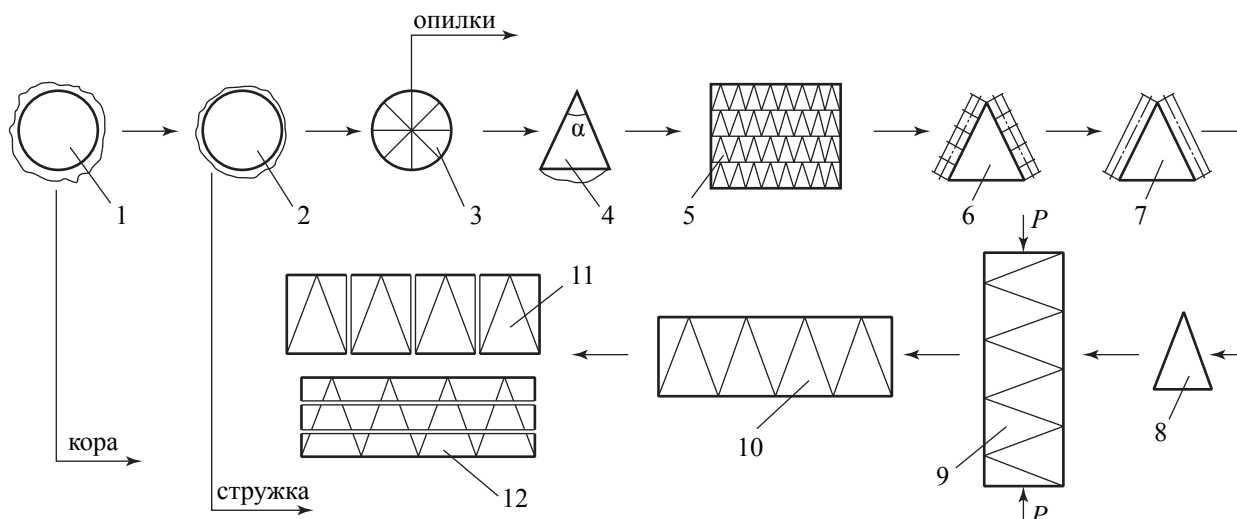


Рис. 2 – Структурная схема технологического процесса производства клееных секторных пиломатериалов: 1 – окорка бревен; 2 – сортировка и оцилиндровка бревен; 3 – раскрой цилиндра на сектора; 4 – фрезерование непропиленной части сектора; 5 – камерная сушка секторов; 6 – калибровка сухих секторов; 7 – нанесение клея на пласти секторов; 8 – открытая выдержка; 9 – формирование блока и его склеивание; 10 – технологическая выдержка; 11 – раскрой блоков на пиломатериалы и щиты 12

Для изготовления секторов могут быть использованы пиловочные бревна, соответствующие ГОСТу 9462 – 88 и ГОСТу 9463-88 длиной 2–2,5 м. Выбор такой длины объясняется значительным уменьшением кривизны бревен (в 2–3 раза), увеличением цилиндрического выхода (на 10–15 %) по сравнению с 6-ти метровыми бревнами [3,4], размерами изделий (оконных и дверных блоков, паркетных досок и др.) в домостроении [5].

Сортировка бревен по диаметрам должна проводиться с точностью $\pm 0,5$ см. При такой точности величина потерь цилиндрического объема не превышает 5 % [6].

Оцилиндровку бревен необходимо проводить на станках, устраняющих их кривизну. Кроме этого цилиндрическая поверхность секторов может быть лицевой, например, в стеновых панелях или декоративных щитах при отделке стен (рис. 1, *и,к*). Поэтому целесообразно при оцилиндровке получать поверхность древесины, приближающуюся к строганой ($R_{m \max} \leq 300$ мкм). Это достигается при строгании (фрезеровании) древесины вдоль волокон, например на апробированном нами станке, принципиальное технологическое устройство которого показано на рис. 3.

В таком станке поверхностный слой вращающегося вокруг геометрической оси бревна обрабатывается двумя цилиндричес-

кими фрезами, расположенными на суппорте, совершающем возвратно-поступательное движение (ручное или механизированное) вдоль бревна. Первая (по рабочему ходу суппорта) фреза имеет ось вращения, совпадающего с осью бревна, ось второй расположена под углом 45° к оси бревна. Получаемая поверхность позволяет при формировании секторных клееных изделий обходиться без дополнительной обработки поверхности или применять шлифование.

Раскрой оцилиндрованных бревен на сектора путем их распиловки по радиальной плоскости можно проводить на однопильных круглопильных и вертикальных ленточнопильных станках, используя соответствующие торцевые зажимы и поворотные устройства. При этом бревно вначале распиливают на два сегмента, затем сегменты на четвертины и т.д. При этом все время происходит перебазирование заготовки, что приводит к нестабильности заданного присердцевинного угла сектора, неровности радиальных поверхностей.

Эффективнее изготовление секторов выполнять на разработанном нами специализированном горизонтальном ленточнопильном станке ЦБЩ-1, особенностью которого является наличие зажимного манипулятора и центрирующего устройства оригинальных конструкций. Данные устройства позволя-

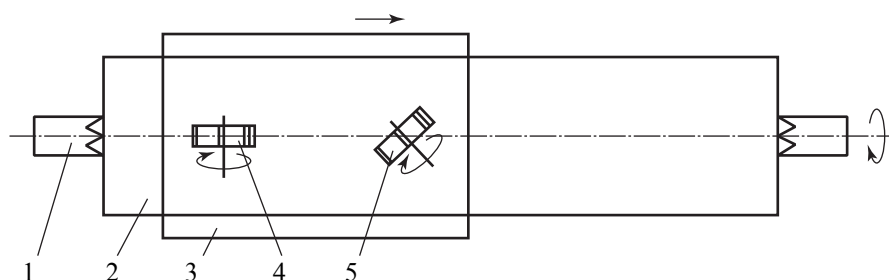


Рис. 3. Принципиальная схема оцилиндровочного станка позиционно-проходного типа: 1 – вращающиеся зажимы; 2 – бревно; 3 – суппорт; 4 и 5 – цилиндрические фрезы

ют единожды базировать оцилиндрованное бревно, осуществлять его осевой поворот на заданный угол и получать сразу два сектора заданной размерной и качественной характеристики.

Изложенное конструктивное решение позволяет вырабатывать сектора с отклонениями центрального угла от заданного не более чем на 0,5–1 град.

Установлено, что для изготовления секторной клееной продукции при холодном способе склеивания наиболее технологичными являются сектора с центральным углом 45° [7]. Их особенности и предъявляемые требования:

- ребра секторов устойчивы к ударам, не ломаются в процессе формирования сушильного пакета и транспортировки;
- отсутствует коробление секторов по пласти (при сушке, даже в местах расположения продолговатых сучков; коробление по кромке незначительно);
- сектора имеют устойчивое положение при опоре на дугообразную кромку при продольном и поперечном перемещении, что важно при наборе сушильных пакетов, нанесения клея на пласти, открытой выдержки на конвейере;
- сектора удобны при ручной сборке клееных блоков; операция укладки секторов в прессы производится быстро и надежно;
- для склеивания поливинилацетатными (ПВА) клеями пригодны сектора с шероховатостью $R_{m \max} \leq 300$ мкм, что минимизирует процесс их обработки;
- отклонение значения центрального угла от заданного составляет не более 1,0 град. на длине 2 м, что удовлетворяет условиям формирования блоков;

– сектора с центральным углом 45° эффективно изготавливать на предлагаемом специализированном ленточнопильном станке (требуется всего 4 реза).

Сушка секторов осуществляется камерным способом до требуемой влажности (8 – 12 %) по тем же режимам, что и пиломатериалы прямоугольного сечения (укладку секторов при сушке рекомендуется, для избегания смятия ребра сектора при центральном угле, производить на этажерке в один ряд на пропиленную или непропиленную кромку). Продолжительность же сушки секторов при выбранных режимах на 27,6 % меньше, чем у пиломатериалов прямоугольного сечения при сопоставимой толщине [8].

В процессе сушки секторов возможно появление дефектных мест в виде выпадающих продолговатых сучков. Это может вызвать необходимость применения технологической операции по вырезке некондиционных участков. При вырезке дефектных мест в секторной доске потери древесины в 4 раза меньше, чем в сердцевинной при одной и той же их толщине [9].

Сухие сектора перед склеиванием при необходимости можно обрезать по хорде и калибровать (уменьшать шероховатость пластей, стабилизировать центральный угол по всей длине). Калибрование может осуществляться строганием или шлифованием пластей на нестандартном (модернизированном) оборудовании проходного типа.

При изготовлении клееных секторных блоков, служащих в нормальных условиях, можно применять ПВА клеи (ГОСТ 18992-80), в условиях переменной влажности – двухкомпонентные водостойкие ПВА клеи, например Клейберит 304.1 и др. Время скле-

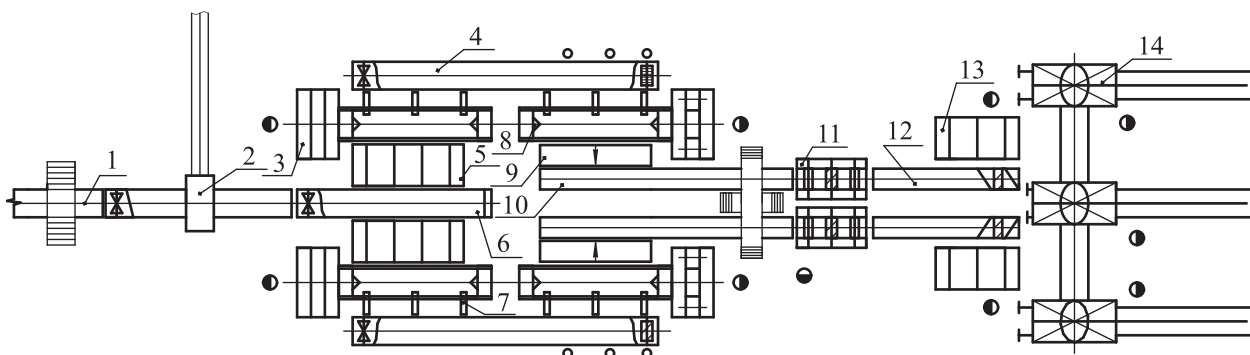


Рис. 4. Структурно-технологическая схема участка изготовления секторов: 1 – бревнотаска; 2 – окорочный станок; 3 – оцилиндровочный станок; 4 – роликовый конвейер; 5 – поперечный цепной конвейер; 6 – роликовый конвейер; 7 – бревноперекладчик; 8 – горизонтальный ленточнопильный станок ЦБЦ-1; 9 – склиз; 10 – продольный ленточный конвейер; 11 – строгальный станок; 12 – сбрасыватель; 13 – поперечный конвейер; 14 – тележка на рельсовом ходу; 15 – ленточный конвейер

ивания этими клеями составляет 25–30 мин при температуре 20°C. Нанесение клея может осуществляться вручную или механически, клеевыми вальцами. Операцию формирования и склеивания секторных блоков рекомендуется проводить на вертикальных прессах, например отечественных фирмы «Бокаут». Набор блоков и снятие выполняется вручную. Склеенные блоки перед последующей механической обработкой проходят операцию технологической выдержки.

Ниже представлены возможные варианты планировочных решений по получению секторов и формированию клееных секторных панелей. При работе в одну смену расчетная годовая мощность первого участка составляет 680 тыс. секторов размерами: центральный угол 45°, ширина пластей 128 мм, высота 85 мм, ширина кромки (по хорде) 100 мм, длина 2000 мм; второго – 40 тыс. шт. панелей размерами: толщина 128 мм, ширина 500 мм, длина 2000 мм.

Технологический процесс производства секторов происходит следующим образом (рис. 4). Отсортированные по диаметру бревна поступают по бревнотаске 1 в окорочный станок 2, отделяющаяся кора ленточным конвейером 15 удаляется из станка. Окоренные бревна по роликовому 6 и цепному поперечному 5 конвейерам поступают на оцилиндровочный станок 3. Здесь двумя цилиндрическими фрезами происходит удаление сбеговой зоны бревна. Получаемая при этом стружка отбирается пневмотранспортной системой.

Оцилиндрованные бревна выталкиваются из станка на роликовый конвейер 4 и поступают на секторнопильный горизонтальный ленточнопильный станок 8. Здесь бревно центрируется и распиливается на четное количество секторов с заданным центральным углом. Выпиленные сектора по склизу 9 поступают на ленточный конвейер 10 и далее в строгальный станок 11 для удаления по хорде непропиленной зоны сектора. Затем обработанные сектора по конвейеру 12 поступают на стол 13. Здесь готовые сектора рабочий послойно укладывает на полки вагонетки 14. Наполненная вагонетка по рельсовому пути поступает в сушильное отделение.

Вторичным сырьем при раскросе бревен на сектора являются кора, стружка и опилки. Они могут быть брикетированы по соответствующей технологии и реализованы населению в виде топлива или подвергнуты сжиганию на самом предприятии в котле для выработки тепловой энергии для сушильных камер.

Технологический процесс формирования и склеивания секторных панелей происходит следующим образом (рис. 5). Высушенные до влажности 8–12 % сектора, поступающие на рельсовой этажерке 1, укладываются рабочими кромкой на поперечный пластинчатый конвейер 2. Сектора грузочным конвейером 3 подаются в калибровочный станок 4. При необходимости плоскости секторов строгают или шлифуют для достижения шероховатости по показателю $R_{m \max}$ не более

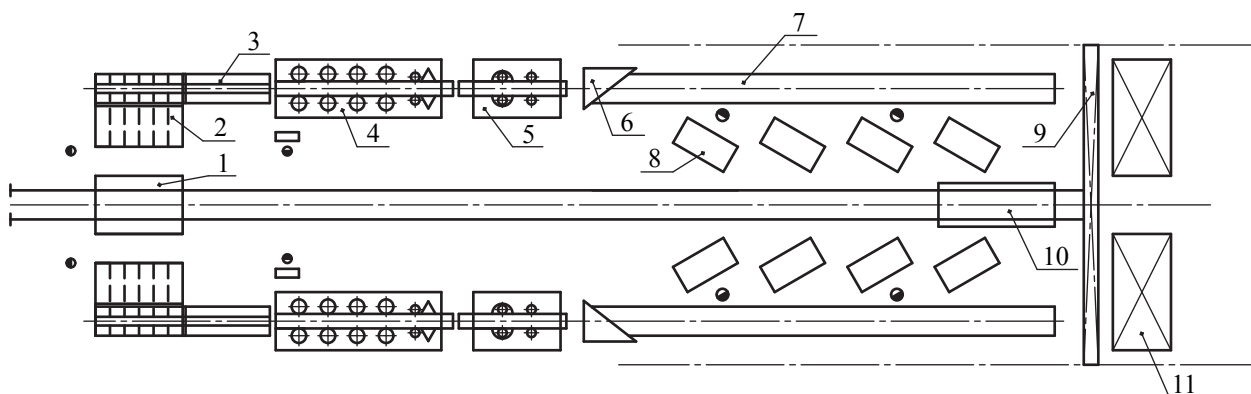


Рис. 5. Структурно-технологическая схема участка изготовления клееных панелей: 1 – этажерка; 2 – поперечный конвейер; 3 – загрузочный конвейер; 4 – калибровочный станок; 5 – клеенаносящие станки; 6 – разворотное устройство; 7 – ленточный конвейер; 8 – гидравлическая вайма; 9 – подвесной кран; 10 – траверсная тележка; 11 – место технологической выдержки

300 мкм. Далее сектора подаются в клеенаносящий станок. На пласти сектора наносится ПВА клей, например, «Клейберит 314.1» в количестве 100 г на 1 м². Сектора с нанесенным клеем, в соответствии с рекомендациями производителя, проходят открытую выдержку на конвейере 7 в течение 2–3 минут, затем их снимают вручную и укладывают в пресс 8 таким образом, что сердцевинная часть одного сектора совпадает с периферийной частью другого. Формируется клееный пакет требуемых размеров. Создается давление в прессе. Время выдержки под давлением 1 МПа не менее 20 минут. После этого давление сбрасывается. Клееный блок освобождается и с помощью транспортной тележки 10 и тельфера 9 размещается в подступных местах 11 для окончательного завершения процесса склеивания. Время технологической выдержки составляет не менее 24 часов. Готовые клееные панели могут быть подвергнуты распиловке на брусья, щиты, заготовки.

Внедрение данной технологии позволяет получить годовую прибыль в размере 4912 тыс. руб. при выпуске 4000 м² клееных секторных пиломатериалов.

Вывод

Проведенные в Воронежской государственной лесотехнической академии исследования позволяют констатировать, что изготовление из бревен клееных секторных полуфабрикатов технологически возможно и экономически целесообразно.

Библиографический список

1. Черных, П.Г. Основные положения раскря бревен на радиальные пиломатериалы с использованием оборудования фирмы «KARA» / П.Г. Черных, П.П. Черных, Л.В. Ильющенков, // *Деревообрабатывающая пром-сть.* – 2009. – № 4. – С. 22–24.
2. Болдырев, В.С. Радиальные клееные пиломатериалы из секторов / В.С. Болдырев, В.Б. Щепкин, Е.А. Кузнецов // *Актуальные проблемы лесного комплекса.* – Воронеж, 2010. – №1 – С. 11–14.
3. Копейкин, А.М. Перспективы развития технологии лесопиления / А.М. Копейкин. – М.: Лесная пром-ть, 1989. – 104 с.
4. Кожухова, И.Г. Сбег бревна и цилиндрический выход / И.Г. Кожухова, В.Б. Щепкин // *Лес. Наука. Молодежь* – Воронеж, 2009. – № 1. – С. 38–42.
5. ГОСТ 30971 – 2002 Заготовки и детали деревянные клееные для оконных и дверных блоков. Технические условия. – М.: МНТКС, 2002 – 48 с.
6. Щепкин, В.Б. Исследование точности сортировки круглых лесоматериалов при их раскряе секторно-совмещенным способом / В.Б. Щепкин // *Лес. Наука. Молодежь* – Воронеж, 2008. – №1. – С. 140–143.
7. Болдырев, В.С. Размерно-качественная характеристика сосновых секторов / В.С. Болдырев, В.Б. Щепкин, В.С. Эськов // *Актуальные проблемы лесного комплекса.* – Воронеж, 2010. – №1 – С. 14–18.
8. Щепкин, В.Б. Сравнительная сушка секторных и прямоугольных пиломатериалов / В.Б. Щепкин // *Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления.* – Воронеж, 2008. – № 13. – С. 24–28.
9. Червинский, В.А. Влияние сучков на качество и объемный выход пиломатериалов / В.А. Червинский, В.С. Болдырев, В.Б. Щепкин // *Актуальные проблемы лесного комплекса.* – Воронеж, 2010. – №1 – С. 44–46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Е.С. ШАРАПОВ, доц. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ, канд. техн. наук,
А.С. КОРОЛЕВ, магистрант каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ,
Д.А. ПОПОВ, магистрант каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ

sharapov_evgeniy@mail.ru

Развивающиеся технологии термического модифицирования древесины ставят перед наукой новые задачи в области оптимизации параметров механической обработки, а также оценки качества конечной продукции. В результате термического модифицирования происходят изменения в молекулярной структуре древесины, что, безусловно, влияет на физико-механические свойства (описание изменения которых возможно при условии использования аллометрической функции [1]), а также энергосиловые параметры процесса резания и качество конечной продукции [2]. Наибольший интерес представляет изучение процессов термической модификации и последующей механической обработки «малоиспользуемых» пород древесины, таких как береза, с целью изменения ее свойств и расширения использования в строительстве, производстве мебели и т.д.

Одним из показателей качества поверхности при механической обработке деталей из древесины является ее шероховатость, определяемая согласно ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения», ГОСТ 7016-82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности», которая характеризуется параметрами: средним арифметическим отклонением профиля R_a , высотой неровностей профиля по десяти точкам R_z , наибольшей высотой профиля R_{max} (1) и другими [3, 4].

Цель работы: определение взаимосвязей класса модификации древесины березы, толщины снимаемой стружки, угла и направления резания относительно волокон древесины с шероховатостью поверхности резания.

Исследования осуществлялись в три этапа: 1) проведение экспериментальных исследований процесса резания термически модифицированной древесины (ТМД) березы на маятниковом копре; 2) определение шероховатости поверхности резания ТМД березы прибором светового сечения МИС-11; 3) статистическая обработка экспериментальных данных, графическая интерпретация результатов.

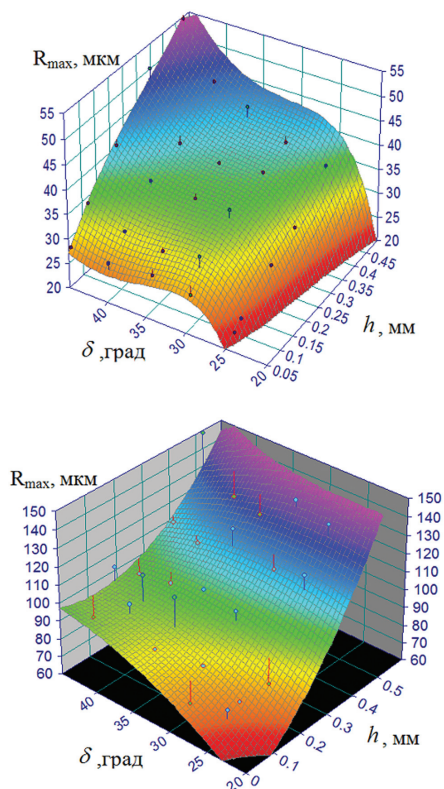
Следуя методике экспериментальных исследований, величину шероховатости определяли по ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения», ГОСТ 7016-82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности» прибором светового сечения, двойным микроскопом (МИС-11 системы В.П. Линника) [5].

Руководствуясь планом экспериментальных исследований (таблица) [6], изготавливали образцы из древесины березы, осуществляли термическое модифицирование образцов по трем классам в зависимости от температуры обработки. Исследования процессов продольного и поперечного резания осуществлялись в лаборатории кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета на маятниковом копре. Выбор диапазонов варьирования факторов резания ТМД основывался на практической значимости, а также ограниченных технических возможностях лабораторного оборудования. Важным параметром процесса резания является острота режущих ножей, при этом радиус затупления резцов, установленных на маятниковом коп-

Т а б л и ц а

Наименование и уровни варьирования факторов

№	Наименование фактора	Уровни варьирования				
X ₁	Угол резания δ, град	25	30	35	40	45
X ₂	Толщина снимаемой стружки, мм	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4



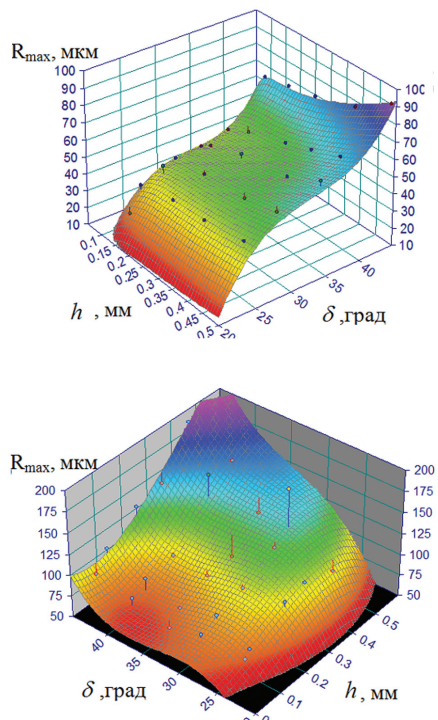
$$z = -11486,941 + 2512,4323 \cdot x + 9664,3222 \cdot \ln y + 20,366185 \cdot x^2 - 2700,4966 \cdot (\ln y)^2 - 1456,8131 \cdot x \cdot \ln y + 277,33446 \cdot x^3 + 251,10081 \cdot (\ln y)^3 + 218,85166 \cdot x \cdot (\ln y)^2 - 76,142568 \cdot x^2 \cdot \ln y;$$

$R^2 = 0,97891384 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,96385229 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 1,4689986;
F- статистика (Fstat) 77,37411 ($P = 0,0000$)

$$z = -35,9297629 + 195,0056111 \cdot x + 5,439203 \cdot y + 227,8786744 \cdot x^2 - 0,05520447 \cdot y^2 + 5,61747475 \cdot x \cdot y;$$

$R^2 = 0,8096382678 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,7461843571 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 10,96529042;
F – статистика (Fstat) 16,161995284 ($P = 0,0000$)

Рис. 1. Поверхности отклика величины шероховатости относительно угла резания и толщины снимаемой стружки для немодифицированной древесины березы: а) при продольном резании; б) при поперечном резании



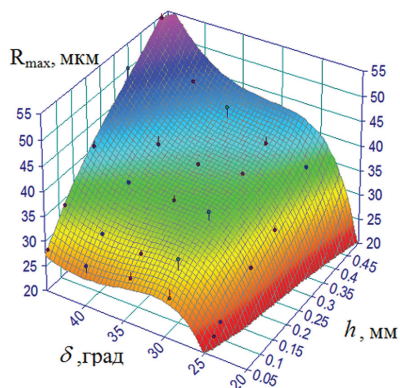
$$z = -510,1997 + 0,75662665 \cdot \ln x + 50,410726 \cdot y + 22,242887 \cdot (\ln x)^2 - 1,4484913 \cdot y^2 + 2,4179743 \cdot y \cdot \ln x + 11,584966 \cdot (\ln x)^3 + 0,014667898 \cdot y^3 + 0,016381396 \cdot y^2 \cdot \ln x + 1,0644088 \cdot y \cdot (\ln x)^2;$$

$R^2 = 0,98403252 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,97262717 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 2,6336734;
F- статистика (Fstat) 102.71214 ($P = 0,0000$)

$$z = -1078,5605 + 109,2724961 \cdot x + 105,5953432 \cdot y - 344,127258 \cdot x^2 - 3,21154123 \cdot y^2 + 3,442535242 \cdot x \cdot y - 893,059495 \cdot x^3 + 0,032159641 \cdot y^3 - 0,21446928 \cdot x \cdot y^2 + 33,40433526 \cdot x^2 \cdot y;$$

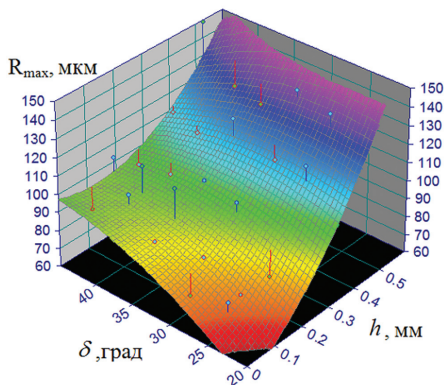
$R^2 = 0,8242808242 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,6987671272 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 18.13437478;
F – статистика (Fstat) 7.8181642243 ($P = 0,00029$)

Рис. 2. Поверхности отклика величины шероховатости относительно угла резания и толщины снимаемой стружки для древесины березы, модифицированной при 180°C: а) при продольном резании; б) при поперечном резании



$$z = 3081,7682 + 1172,0966 \cdot \ln x - 2266,6439 \cdot \ln y + 88,701932 \cdot (\ln x)^2 + 561,96933 \cdot (\ln y)^2 - 588,1491 \cdot \ln x \cdot \ln y + 11,583094 \cdot (\ln x)^3 - 45,281277 \cdot (\ln y)^3 + 79,382634 \cdot \ln x \cdot (\ln y)^2 - 9,9262244 \cdot (\ln x)^2 \cdot \ln y;$$

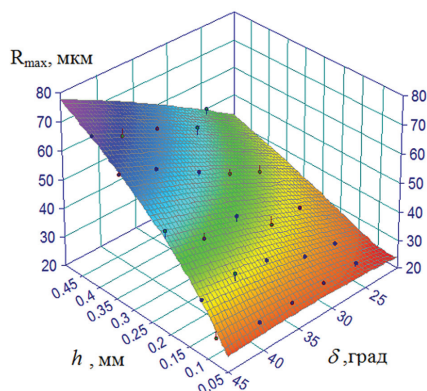
$R^2 = 0,97551447 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,9580248 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 2,0534436;
F- статистика (Fstat) 66,40074 ($P = 0,0000$)



$$z = -112,862816 + 572,482573 \cdot x - 1971,44897 \cdot x^2 + 2610,272306 \cdot x^3 + 19,68404972 \cdot y - 0,74742401 \cdot y^2 + 0,008733412 \cdot y^3;$$

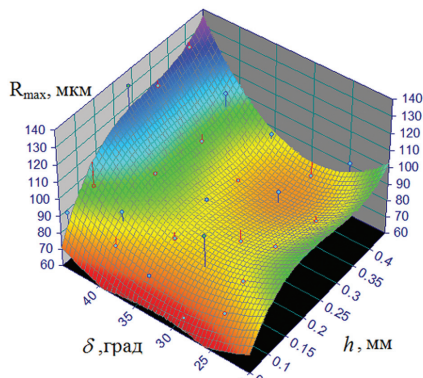
$R^2 = 0,8259234762 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,7542449075 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 12,819279628;
F- статистика (Fstat) 14,233800021 ($P = 0,00001$)

Рис. 3. Поверхности отклика величины шероховатости относительно угла резания и толщины снимаемой стружки для древесины березы, модифицированной при 200°C: а) при продольном резании; б) при поперечном резании



$$z = 15,6778 + 15,559258 \cdot \ln x + 2,3291223 \cdot y + 5,1949191 \cdot (\ln x)^2 - 0,0081090448 \cdot y^2 + 0,5835985 \cdot y \cdot \ln x;$$

$R^2 = 0,98515287 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,98020382 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 1,8560086;
F- статистика (Fstat) 252,14166 ($P = 0,0000$)



$$z = 123,4443995 + 813,3035443 \cdot x - 5,41906799 \cdot y - 2329,29367 \cdot x^2 + 0,074157575 \cdot y^3 - 15,8536254 \cdot x \cdot y + 2920,214493 \cdot x^3 + 9,56649 \cdot 10^{-5} \cdot y^3 + 0,333887397 \cdot x \cdot y^2 - 5,13425073 \cdot x^2 \cdot y;$$

$R^2 = 0,8253942698 \%$;
 скорректир. $R^2 = 0,7006758912 \%$;
 средняя ошибка (FitStdErr) 8,9351440144;
F- статистика (Fstat) 7,8786481699 ($P = 0,00028$)

Рис. 4. Поверхности отклика величины шероховатости относительно угла резания и толщины снимаемой стружки для древесины березы, модифицированной при 220°C: а) при продольном резании; б) при поперечном резании

ре, определялся с помощью биологического микроскопа методом световых полос и подерживался в ходе эксперименты в заданном диапазоне: 5–6 мкм [7].

В ходе исследований определялась работа, затрачиваемая на резание ТМД, с помощью математических расчетов определялись усилие резания и удельная работа резания [8]. С помощью отдельной серии экспериментов находили количество повторных опытов при определении энергосиловых параметров резания ТМД. Параметры шероховатости определялись в пределах базовой длины.

Выходным параметром эксперимента являлась наибольшая высота профиля R_{\max} , при этом находили среднее из пяти значений параметра по исследуемой поверхности резания.

Возможно определение значение параметра R_{\max} , мкм по формуле [5]

$$R_{\max} = i \cdot (h_{\max} - h_{\min}), \quad (1)$$

где $i = 10 / 2 \cdot \beta$, мкм цена деления барабана микрометрической головки;

β – увеличение объектива прибора.

При этом было принято решение определить цену деления микрометрической головки отдельной серией опытов путем сопоставления результатов измерения перемещения соответствующей линии перекрестия в делениях барабана микрометрической головки и в интервалах деления штрихов объект-микрометра ($i = 0,614879$).

Математические расчеты и графическое представление результатов исследований осуществлялись в программных комплексах «MSExcel» и «TableCurve 3D».

Результаты экспериментальных исследований шероховатости R_{\max} поверхности резания ТМД березы представлены на рис. 1–4.

На основании проведенных опытов можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на шероховатость поверхности резания оказывает толщина снимаемой стружки, в меньшей степени на выходную величину оказывает влияние угол резания и класс модификации древесины березы. При продольном резании в сравнении с немодифицированной древесиной березы наблюдается увеличение величины шероховатости поверхности резания в среднем на 60 %, 25 % и 40 % в зависи-

мости от повышения температуры, при которой осуществлялось модифицирование. При поперечном резании в сравнении с немодифицированной древесиной березы наблюдается увеличение шероховатости поверхности резания в среднем на 30 % и 15 % при температуре модификации 180°C и 200°C соответственно. Однако при 220°C величина шероховатости древесины березы сопоставима с величиной шероховатости немодифицированной древесины, при этом наблюдается уменьшение ее величины в диапазонах угла резания 25°–40° и толщин стружки 0,2–0,4 мм. Возрастание величин шероховатости, безусловно, связано со снижением механических характеристик древесины березы при термической обработке. Результаты исследований могут послужить основой при выборе оптимальных режимов термической модификации и механической обработки древесины березы. Целью дальнейших работ является углубление исследований в обозначенном направлении, в том числе изучение шероховатости поверхностей при станочных процессах обработки ТМД.

Библиографический список

1. Торопов, А.С. Исследование плотности древесины березы, пораженной сердцевинной гнилью / А.С. Торопов, Е.С. Шарапов // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2006. – № 6. – С. 34–43.
2. Бодров, Ю. Превращение древесины в термодерево / Ю. Бодров // «Derevo.ru». – 2007. – № 6. – С. 143–146.
3. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. – Взамен ГОСТ 2789-59; Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 13 с.
4. ГОСТ 7016-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности. – Взамен ГОСТ 7016-75; Введ. 01.07.83. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 6 с.
5. Выполнение измерений параметров шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–73 при помощи приборов профильного метода: лабораторный практикум. – Тамбов: Изд-во Тамб. ГТУ, 2006. – 24 с.
6. Пижурин, А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенбит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 231 с.
7. Торопов, А.С. Резание древесины: лабораторный практикум / А.С. Торопов, С.А. Еремин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 40 с.
8. Бершадский, А.Л. Резание древесины: учеб. пособие / А.Л. Бершадский. – Минск: Вышэйш. школа, 1975. – 304 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОПОРЫ С ДИСКОМ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

А.С. ТОРОПОВ, *проф. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ, д-р техн. наук,*
Е.С. ШАРАПОВ, *доц. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ, канд. техн. наук,*
Е.Ю. КУЗНЕЦОВ, *асп. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ*

sharapov_evgeniy@mail.ru; kuzeu@mail.ru

Круглопильные станки нашли широкое применение при распиловке лесоматериалов на пиломатериалы. Они имеют относительно невысокую стоимость, высокую производительность, простоту конструкции. Вместе с тем круглопильные станки обладают серьезным недостатком, который относится к трудности создания требуемой устойчивости пилы в пропилах [1].

В процессе пиления древесины пильный диск испытывает различные напряжения в результате воздействия на него центробежных сил инерции, неравномерности нагрева, усилий резания, проковки и вальцевания. При недостаточной изгибной жесткости диск пилы отклоняется от плоскости вращения, зарезается в стенки пропила и теряет устойчивость. В результате уменьшается точность пиления, на поверхности диска возникают «зажоги», повышается энергопотребление.

Наиболее эффективным средством ограничения отклонения диска пилы в осевом направлении являются направляющие [2].

В настоящее время широкое применение получили щелевые направляющие [5], которые являются ограничителями предельных отклонений диска пилы. Однако недостаточная устойчивость диска и наличие фрикционного контакта с направляющими приводит к ускоренному износу диска и направляющих [5].

Перспективным является применение отжимных аэростатических направляющих [3], где повышение устойчивости пильного диска достигается за счет подачи на него под давлением водо-воздушной смеси. Тем не менее, при эксплуатации таких направляющих возможны отказы из-за засорения магистралей и рабочего зазора, в связи с чем увеличиваются затраты на обслуживание.

Предлагается использование новой конструкции отжимной электромагнитной

направляющей, где повышение устойчивости диска круглой пилы достигается за счет силы притяжения, возникающей в воздушном зазоре между диском и электромагнитами в зависимости от величины и направления ее отклонения за счет автоматической системы управления положением диска пилы [4].

Цель работы – определение взаимодействия параметров электромагнита с величиной усилия притяжения диска круглой пилы.

Решаемые задачи: разработать экспериментальный стенд и методику экспериментальных исследований взаимодействия параметров электромагнита с величиной усилия притяжения диска круглой пилы; провести статистическую обработку данных, полученных в результате экспериментальных исследований; получить зависимости усилий притяжения диска пилы от величины воздушного зазора и силы тока в обмотке электромагнита.

Схема экспериментального стенда для исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы представлена на рис. 1.

Внешний вид экспериментального стенда для исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы представлен на рис. 2.

Конструкция экспериментального стенда включает: 1 – грузоподъемный электромагнит ДКМ-020 ($U=36В$, $I=8А$), 2 – диск круглой пилы ($D=0,45 м$, $s=0,0028 м$), 3 – автотрансформатор ЛАТР-1М ($U_1=220В$, $U_2=5-240В$, $I=8А$), 4 – цифровой мультиметр для измерения величины силы тока в обмотке электромагнита УТ-106 ($U=220мВ-1000В$, $I=200мА-10А$), 5 – винтовая передача, 6 – каретка, 7 – цифровой динамометр ОКС-300К-1 (диапазон измерения 20-3000Н, точность измерения 1Н).

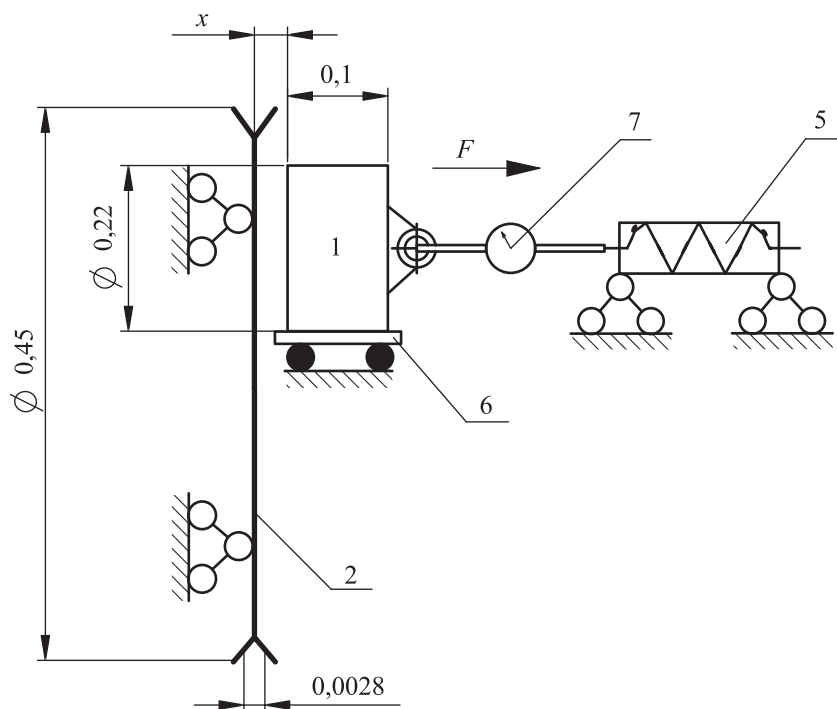


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы

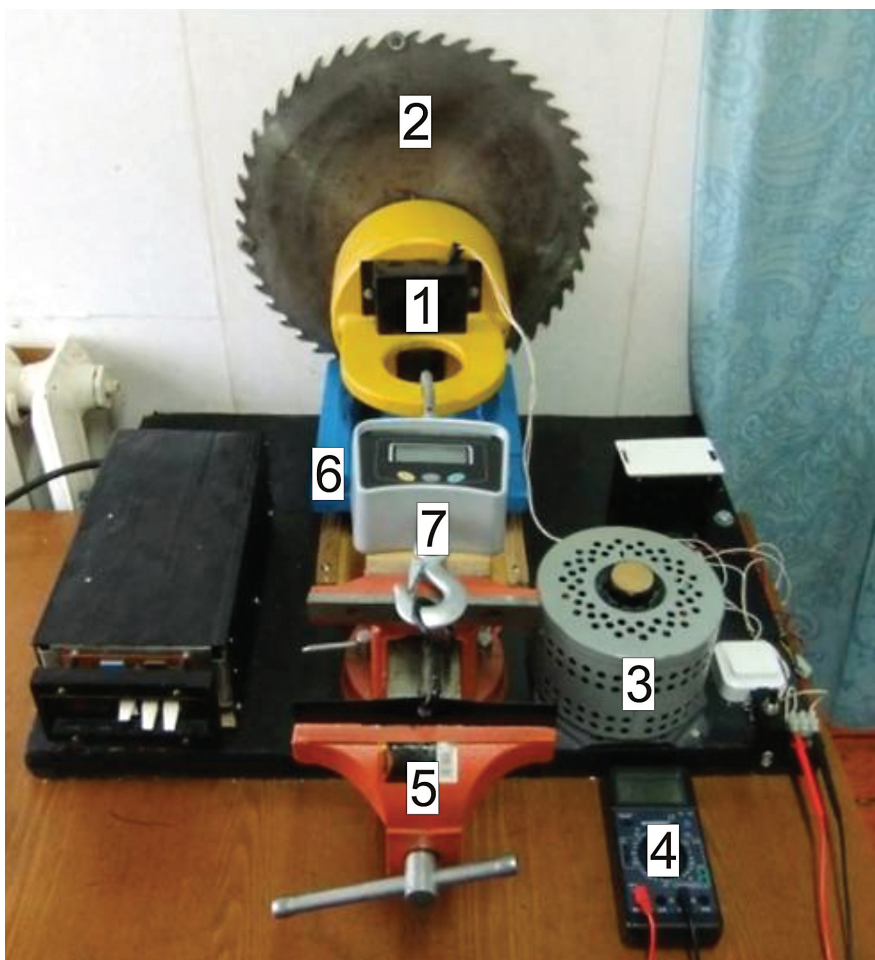


Рис. 2. Экспериментальный стенд для исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы

Результаты статистической обработки данных в программе Table Curve 2D 2.03

Параметр	Величина зазора, x	Сила тока, I
Уравнение регрессии	$F_{пр} = a + bx + cx^{1.5} + dx^2$	$F_{пр} = a + bI + cI^2$
Значения коэффициентов		
a	821	-10,51
b	-671210	171
c	14868442	-7,5
D	-96216670	
r^2	0,995	0,9992
Стандартная ошибка	8,897	7,929

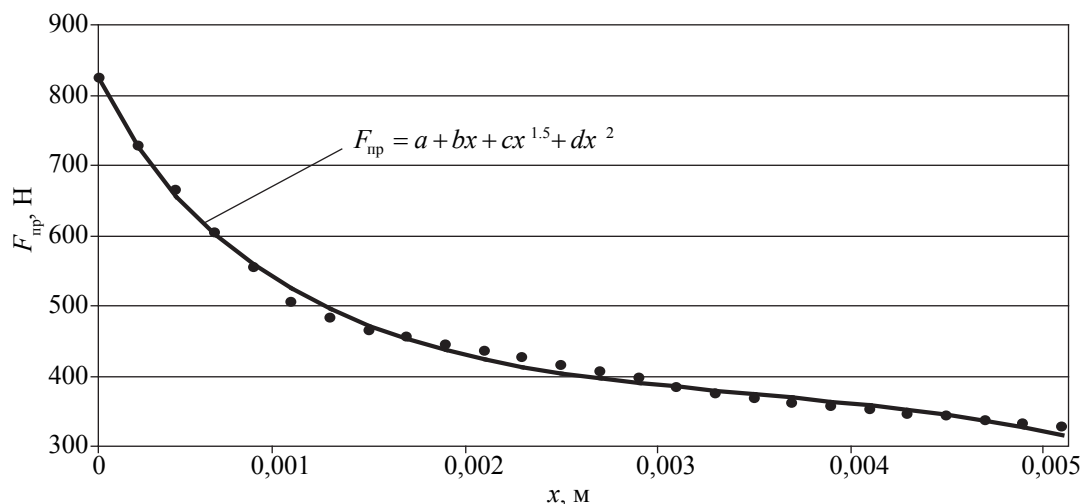


Рис. 3. Зависимость усилия притяжения диска круглой пилы от величины воздушного зазора

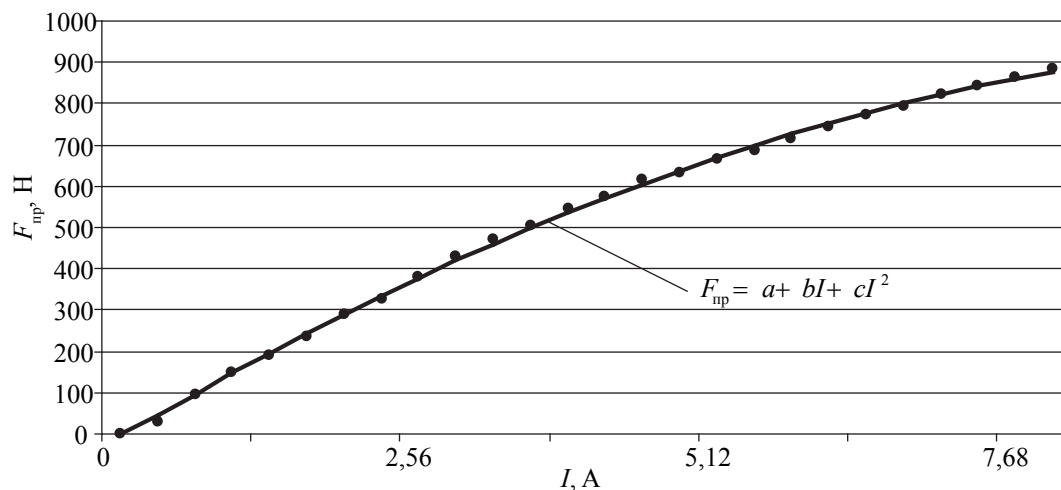


Рис. 4. Зависимость усилия притяжения диска круглой пилы от величины силы тока

Методика проведения экспериментальных исследований включает измерение усилия притяжения диска круглой пилы при варьировании величины воздушного зазора между электромагнитом и пилой и силы тока в обмотке электромагнита.

Представим порядок проведения экспериментальных исследований для измере-

ния усилия притяжения диска пилы при варьировании величины силы тока.

С помощью нескольких измерительных щупов из немагнитного материала (Щ206-2), исходя из методики проведения экспериментальных исследований, выставляем постоянную величину воздушного зазора между электромагнитом – 1 и пилой – 2 $x = 0,0004$ м (см.

рис. 1). Затем с помощью автотрансформатора – 3 (рис. 2) задаем варьируемую величину силы постоянного тока в обмотке электромагнита – I (рис. 4), контролируемую по показаниям амперметра – 4. Шаг варьирования величины силы тока составляет 0,32 А. Далее с помощью винтовой передачи – 5 (рис. 1) придаем установленному на каретке – 6 электромагниту горизонтальную силу – F . Значение горизонтальной силы измеряется с помощью динамометра – 7. Фиксируется максимальное значение этой силы, которое и является искомой величиной усилия притяжения диска круглой пилы – F_{np} .

Измерение усилия притяжения диска круглой пилы при варьировании величины воздушного зазора между электромагнитом и пилой осуществляется аналогичным образом, только в этом случае постоянной величиной является сила тока в обмотке электромагнита $I = 5,12 \text{ А}$, а варьируемой – величина воздушного зазора – x (рис. 3). Шаг варьирования величины воздушного зазора составляет 0,0002 м.

В программе TableCurve 2D 2.03 проведена статистическая обработка данных, полученных экспериментальным путем, составлены уравнения регрессий (таблица). Графические отображения взаимодействий исследуемых параметров – усилий притяжения диска круглой пилы F_{np} от величины воздушного зазора и силы тока в обмотке электромагнита представлены на рис. 3,4.

Экспериментальные исследования взаимодействия параметров электромагнита с величиной усилия притяжения диска круглой пилы показывают, что усилие притяже-

ния возрастает при уменьшении величины воздушного зазора и увеличении силы тока. Диапазон изменения величины усилия притяжения при варьировании величины воздушного зазора от 0 до 0,005 м составляет 830–320 Н, а при варьировании величины силы тока от 0 до 8А усилие притяжения изменяется в диапазоне 0–885 Н. Определение взаимодействий параметров электромагнита с величиной усилия притяжения диска круглой пилы послужит основой для разработки экспериментальной установки и проведения дальнейших испытаний.

Библиографический список

1. Глебов, И.Т. Пиление древесины: учеб. пособие для вузов по специальности 250403 «Технология деревообработки» / И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТУ 2007. – 71 с.
2. Стахийев, Ю.М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил / Ю.М. Стахийев. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 267 с.
3. Пат. 2307024 Российская Федерация МПК В 27 В 13/10. Отжимная аэростатическая направляющая ленточной пилы / Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И.; заявитель и патентообладатель Архангел. гос. техн. ун-т. – № 2005139674/03; заявл. 19.12.2005; опубл. 27.09.2007.
4. Пат. 94898 Российская Федерация МПК В 27 В 13/10. Отжимная электромагнитная направляющая круглой пилы [Текст] / Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю.; заявитель и патентообладатель Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю. – № 2010107641/22; заявл. 02.03.2010; опубл. 10.06.2010.
5. Method for reducing the kerf width made by a circular saw blade: 5497648 United states patent: В 27b 5/00/ Richard R. Martin; appl. no.199575; filed Feb. 22, 1994; patented Mar. 12, 1996.

ПРОСТЕЙШИЕ АВТОРЕГУЛЯТОРЫ ПРОЦЕССОВ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

И.М. МЕРКУШЕВ, *проф. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ, канд. техн. наук*
caf-mebel@mgul.ac.ru

а. Манометрические регуляторы температуры

Среди различных средств автоматического управления сушильными процессами определенный интерес вызывают авто-

регуляторы, используемые в *паро-водяных* системах теплоснабжения калориферов в противоточных лесосушильных камерах типа «Валмет» и СП-5КМ. В них используются манометрические регуляторы температуры прямого действия как автостабилизаторы,

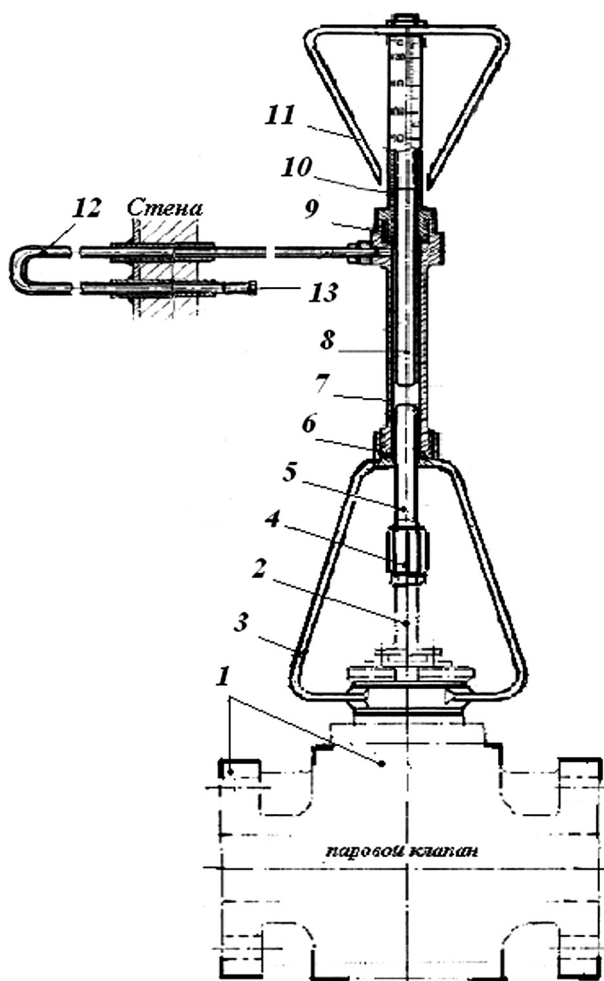


Рис. 1. Манометрический автостабилизатор температуры сушильного агента прямого действия на стандартном паровом клапане

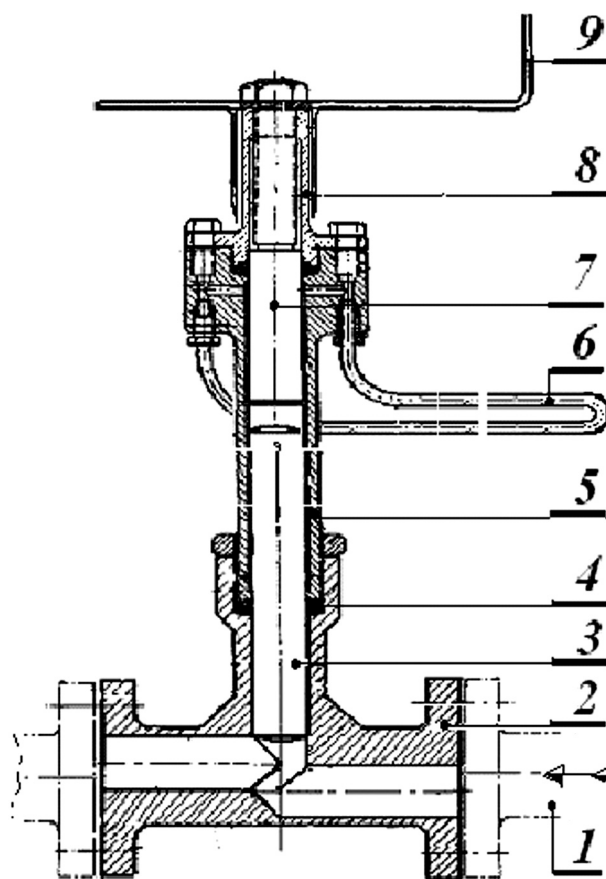


Рис. 2. Манометрический автостабилизатор температуры сушильного агента с нестандартным корпусом: 1 – паропровод; 2 – корпус исполнительного органа; 3 – плунжер; 4 – сальник; 5 – гидроцилиндр; 6 – термодатчик; 7 – настроечный шток; 8 – головка; 9 – ручка

торы температуры, состоящие из устройства настройки, термобаллона и бронированного капилляра, соединяющего его с исполнительным механизмом (вентилем). Термобаллон помещают в магистраль горячей воды, а сам регулятор с вентилем устанавливают на паровой магистрали, подающей пар в теплообменник. Зона нечувствительности (минимальная погрешность) такого регулятора составляет $\pm 3^\circ\text{C}$. Регулировать температуру сушильного агента таким прибором непосредственно на паровых системах теплоснабжения не представляется возможным из-за неразвитой поверхности теплообмена термобаллона.

Автором разработан ряд манометрических регуляторов температуры сушильного агента прямого действия с разным функциональным назначением, от стабилизаторов

температуры до программных регуляторов процесса сушки. Один из простейших автостабилизаторов температуры представлен на рис. 1. В нем устройство настройки смонтировано непосредственно на корпусе существующего парового клапана, на паропроводе, подводящем пар к калориферам. Термодатчик выполнен в виде тонкой длинной трубки из нержавеющей металла, укрепленной по всему внутреннему периметру сушильной камеры.

На корпусе 1 с выступающим штоком клапана 2 навинчен хомут исполнительного механизма 3. К штоку клапана посредством муфточки 4 присоединен плунжер 5, входящий сквозь сальник 6 в настроечный гидроцилиндр исполнительного органа 7. В него нижним гладким концом входит настроечный

шток **8** сквозь верхний сальник **9**. Верхней частью шток ввинчен сквозь резьбу в головку регулятора **10** со шкалой температуры на ее поверхности. На конце штока закреплена рукоятка с двумя стрелками **11**. Сбоку с цилиндром **7** соединен термодатчик **12**, пропущенный сквозь стену камеры в зону сушки, заполненный термоактивной жидкостью, например, дистиллированной водой, и загерметизированный пробочкой **13**. Прибор настраивают на требуемую температуру поворотом рукоятки со стрелками **11** по шкале на головке регулятора **10**.

В процессе работы при изменении температуры сушильного агента рабочая жидкость в термодатчике **12** расширяется (или сжимается) и, воздействуя через плунжер **5** на клапан, перекрывает (или приоткрывает) подачу теплоносителя в калориферы. Температура стабилизируется на заданном уровне. Такой термодатчик с очень развитой площадью поверхности нагрева при ничтожно малой тепловой инерции сводит погрешность прибора практически к нулю.

Вариант простейшего манометрического автостабилизатора температуры (рис. 2) применительно к паровым либо водяным теплоносителям содержит устройство настройки в комбинации с нестандартным корпусом. Его устройство и принцип работы аналогичны описанному выше. Его легко изготовить на любом деревообрабатывающем предприятии.

6. Программные авторегуляторы температуры

Режимы бездефектной сушки пиломатериалов требуют плавного изменения температурно-влажностных параметров сушильного агента в камере. Данная проблема может быть решена с помощью несложного устройства – *программного авторегулятора температуры сушильного агента* (рис. 3 и 4). Он, как и манометрический регулятор прямого действия, содержит термодатчик, настройщик температуры и исполнительный орган.

Прибор (рис. 3, фиг. 1) содержит корпус **1**, на центральной оси которого смонтирован диск **2**, вся площадь которого покрыта вне-

шним и внутренним электродами с замкнутой программной дорожкой на нейтральном поле между ними **3**. На кронштейне со шкалой скорости вращения диска **4** смонтирован ползунок со стрелкой **5** на ходовом винте **6**. Сбоку к корпусу **1** прикреплен приводной механизм **7** с валиком квадратного сечения **8**, параллельным оси и плоскости диска. На валик **8** насажен по ходовой посадке фрикционный ролик **9**, прижимаемый к диску **2**. Снизу к корпусу **2** прикреплен червячный редуктор, приводной червяк которого **10**, способный вращаться от реверсивного привода, сцеплен с червячным колесом **11**. Колесо навинчено на шток механизма настройки **12**, способный перемещаться вверх–вниз (без вращения) в плоских направляющих **13**, и сквозь сальник входит в гидроцилиндр **14**. К нему прикреплен сбоку обоими концами термодатчик **15**, а снизу корпус исполнительного механизма **16**. В гидроцилиндр **14** снизу сквозь сальник **17** входит плунжер клапана **18**, способного перекрывать подачу пара в калориферы из паровой магистрали **19**. Полости гидроцилиндра **14** и термодатчика **15** заполняют дистиллированной водой и систему плотно герметизируют. В процессе работы диск **2** совершает один полный оборот в течение всего периода сушки с равномерной, заданной по шкале **4**, скоростью. При этом электрод на конце штока механизма настройки **12** (в точке **К**) находится на программной дорожке **3** между внешним и внутренним электродами диска, их не касаясь. При дальнейшем вращении диска **2** происходит соприкосновение внешнего программного электрода **3** с электродом на детали **12**, возникает сигнал на включение привода червячного редуктора, и при повороте червячного колеса шток **12** приподнимается, увеличивая объем полости цилиндра **14**. Перестроив температуру на более высокий уровень, контакт прерывается, и привод червяка останавливается. При контакте с внутренним программным электродом **3** червяк вращается в обратную сторону, перенастраивая систему на более низкий уровень температуры. Так реализуется процесс автоматической перенастройки температуры строго по заданной программе, выраженной на диске в полярных

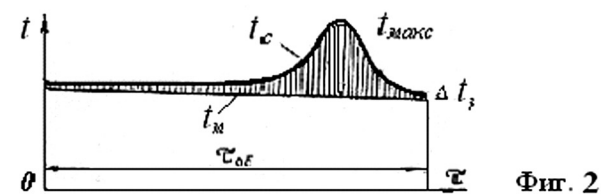
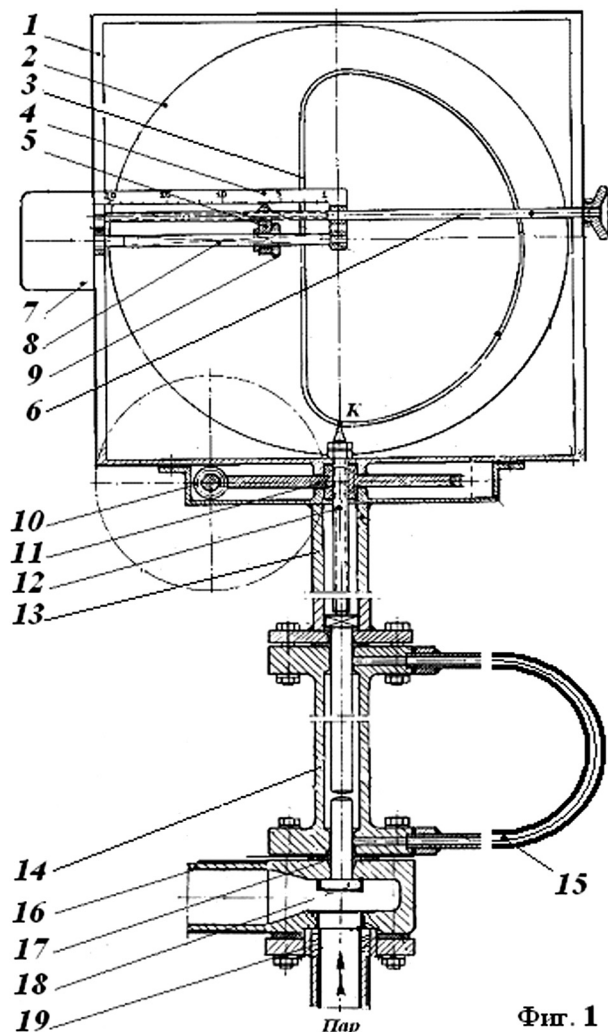


Рис. 3. Программный авторегулятор температуры на диске

координатах. На рис. 3 (фиг. 2) она представлена в прямоугольных координатах кривой изменения температуры во времени.

Другой, конструктивно более простой программный авторегулятор температуры с программой на съемном цилиндре, вращающемся с равномерной регулируемой скоростью, показан на рис. 4.

в. Автооператоры сушильного процесса

Манометрический принцип создания программных регуляторов температуры лег в

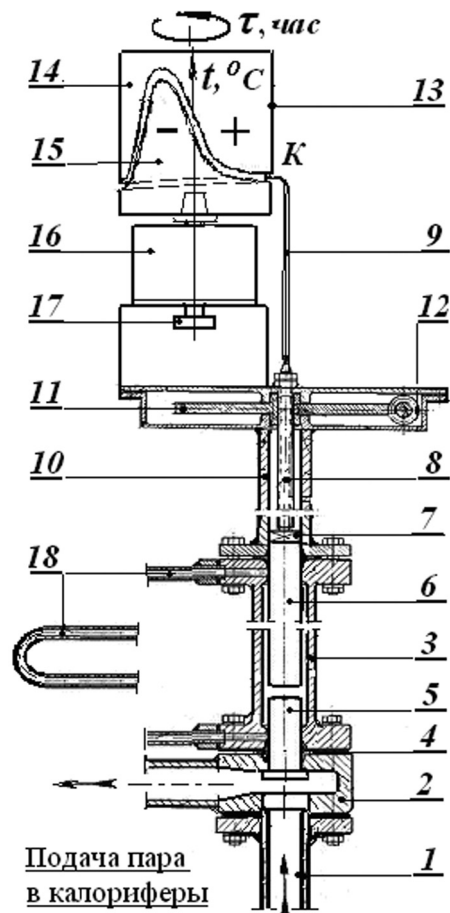


Рис. 4. Программный авторегулятор температуры на цилиндре: 1 – паропровод; 2 – корпус исполнительного органа; 3– гидроцилиндр; 4 – сальники; 5 – плунжер клапана; 6 – шток настройщика температуры; 7 – квадратный ползунок; 8 – ходовой винт; 9 – контактный электрод; 10 – вертикальные направляющие; 11 – червячное колесо; 12 – червяк; 13 – съемный цилиндр; 14 – электрод (+) контакт-программы; 15-электрод (-) контакт-программы; 16 – часовой механизм вращения шпинделя; 17 – ручка-регулятор; 18 – термодатчик

основу изобретения **автооператора** процесса бездефектной сушки пиломатериалов. Он основан на воздействии психрометрической разности сушильного агента на изменение его влажности в самоуправляемом процессе бездефектной сушки пиломатериалов. Такой прибор способен выполнять в процессе сушки операции по перенастройке психрометрической разности сушильного агента с очень медленным начальным и прогрессивно нарастаемым ее возрастанием к концу процесса, особенно там, где отсутствует технологичес-

кий пар, как, например, в камерах с аэродинамическим нагревом воздуха.

Автооператор процесса бездефектной сушки пиломатериалов (рис. 5) содержит в сушильной зоне камеры два термодатчика из тонких длинных трубок с загерметизированными воронками **1** для заполнения их термоактивной жидкостью. Верхняя трубка **2** подвешена вдоль стен внутренней зоны сушильной камеры, выведена за ее пределы и соединена с гидроцилиндром **3** на средней перемычке вертикальной рамки **4**, прикрепленной к стене камеры. На шток **5** опирается рабочий противовес **6** в виде рамки из двух массивных квадратов с двумя перемычками. Другой термодатчик в виде змеевика **7** уложен в теплоизолированную плоскодонную ванночку **8** с дистиллированной водой, подводимой по трубке **9** из емкости **10**, и покрыт марлевой водоподсасывающей тканью. Он также выведен за пределы камеры и соединен с другим гидроцилиндром **11**, упирающим своим штоком **12** снизу в среднюю перемычку рабочего противовеса **6** и опирающимся через шарнирный шатун **13** на хвостовик **14** тяжелого поворотного регулировочного клапана **15** в корпусе **16** приточного канала вентиляционной системы камеры. Механизм настройки выполнен в виде полукруглой задвижки **17**, выдвигаемой сквозь дугообразную прорезь в боковой стенке корпуса с радиусом, равным радиусу поворотного регулировочного клапана. Настроечная задвижка **17** способна изменять площадь живого сечения для прохода свежего воздуха между ней, регулировочным клапаном **15**, верхней и боковой стенками корпуса **16**, в зависимости от базисной плотности и толщины высушиваемых пиломатериалов.

Автооператор сушильного процесса прост в устройстве и может быть изготовлен силами механической мастерской любого деревообрабатывающего предприятия. Он не требует высокой квалификации оператора при обслуживании. Его внедрение в сушильный процесс, особенно таких лесосушилок, где нет пара на влаготеплообработку, может принести экономический эффект за счет существенного улучшения качества сушки без вмешатель-

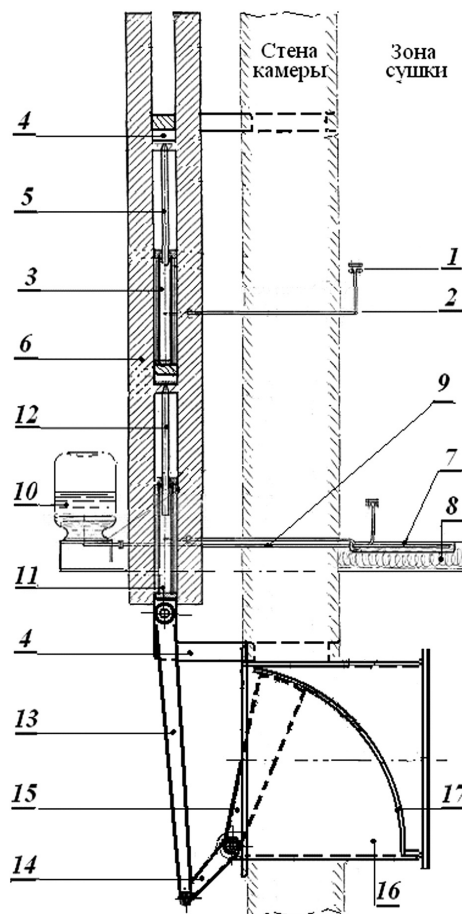


Рис. 5. Автооператор процесса бездефектной сушки пиломатериалов по психрометрической разности сушильного агента

тва оператора в сушильный процесс самоуправляемыми режимами бездефектной сушки пиломатериалов. Перед началом работы автооператор настраивают по шкале базисной плотности и толщине пиломатериалов на выпуклой поверхности настроечной задвижки, заправляют дистиллированной водой емкость **10** и покрывают поверхность термодатчика **7** чистым марлевым чехлом. В начале прогрева материала, когда воздух в камере насыщен влагой, температура сушильного агента, на которую реагирует верхний сухой термодатчик, и температура предела охлаждения при испарении, на которую реагирует нижний, смачиваемый датчик, возрастает одинаково. При этом жидкость в обоих цилиндрах воздействует на систему поворотного регулировочного клапана в противоположных направлениях с одинаковой интенсивностью. По мере снижения влажности сушильного агента температура по смачиваемому термодатчику будет отставать

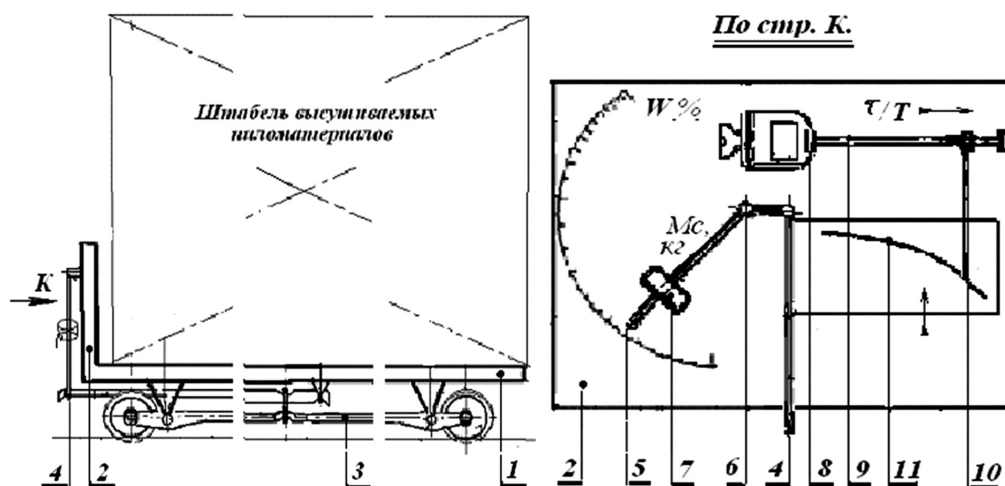


Рис. 6. Программный регулятор процесса бездефектной сушки пиломатериалов на подштабельной тележке

от температуры по сухому датчику и регулировочный клапан среагирует на его закрытие со скоростью, зависящей от настройки системы, обеспечивая медленно прогрессирующий рост психрометрической разности сушильного агента, соответствующий самоуправляемому режиму бездефектной сушки пиломатериалов.

Программные авторегуляторы температуры сушильного агента легко изготовить силами механической мастерской любого деревообрабатывающего предприятия. Их внедрение в сушильный процесс повысит качество сушки пиломатериалов за счет обеспечения процесса строго по рациональным режимам без применения рабочей силы высококвалифицированных специалистов.

г. Программные авторегуляторы процесса бездефектной сушки пиломатериалов

Для обеспечения бездефектной сушки пиломатериалов по рациональным режимам необходимо знать среднюю влажность пиломатериалов в штабеле в течение всего периода сушильного процесса. Самым рациональным методом измерения средней влажности пиломатериалов в штабеле является весовой. Наиболее надежное и точное в измерении средней текущей влажности пиломатериалов в штабеле устройство по патенту на полезную модель № 97495 от 01.03.2010 г. основано на рычажном массовлагомере, настраиваемом по массе сухой древесины в штабеле, равной произведению не изменяющихся в процес-

се сушки параметров — начальному объему пиломатериалов в штабеле на их базисную плотность. На базе этого метода автором разработана серия программных авторегуляторов сушильного процесса.

Для создания программного регулятора процесса бездефектной сушки пиломатериалов на подштабельной тележке на базе рычажного массовлагомера потребовалось оборудовать устройство командной электрической системой подачи сигнала на включение–выключение калориферов в камере путем замыкания двух контактных электродов в цепи управления. Один из электродов — **контакт-программа** — выполнен на планшете в виде кривой изменения текущей влажности пиломатериалов во времени. Он прикрепляется к рычажной системе массовлагомера и способен по мере высыхания пиломатериалов медленно перемещаться вверх, подавая сигнал на снижение интенсивности нагрева калориферов от соприкосновения с другим электродом — **контакт-стрелкой**. Контакт-стрелка медленно, с равномерной регулируемой скоростью перемещается по горизонтальному винту от электрочасового механизма и при разрыве контакта подает сигнал на включение калориферов.

На рис. 6 показан программный авторегулятор процесса бездефектной сушки пиломатериалов. Подштабельная платформа 1 с фартуком 2 опирается на рычажную систему 3, подвешенную через тягу 4 к короткому плечу коромысла 5 массовлагомера, закреплен-

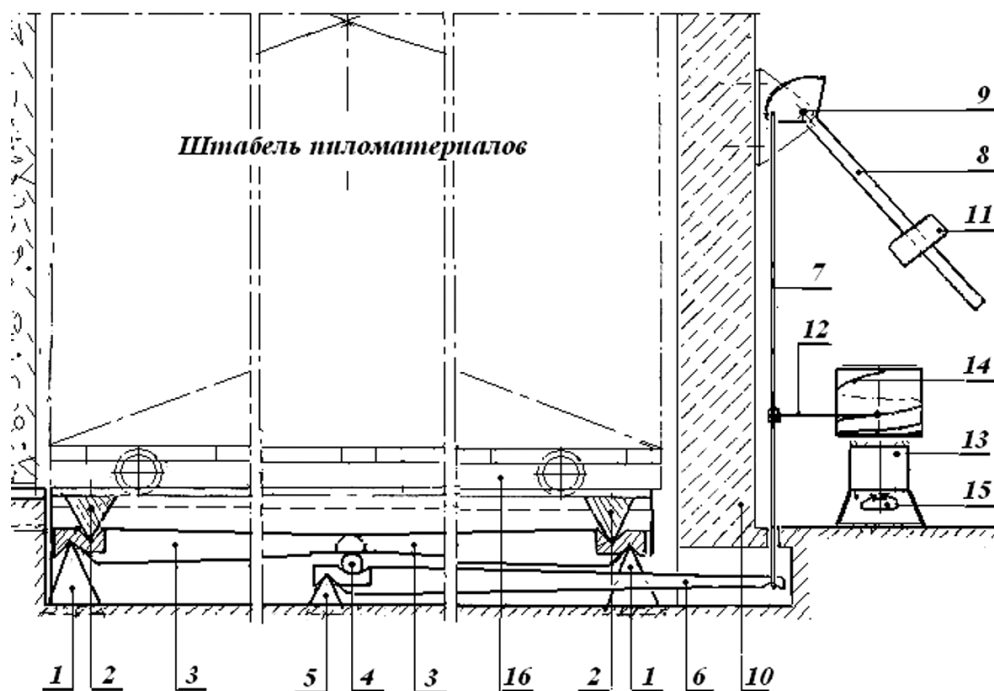


Рис. 7. Программный напольный рычажный авторегулятор процесса бездефектной сушки пиломатериалов в штабеле: 1 – четыре призмы; 2 – рельсовая платформа с двумя длинными призмами; 3 – два промежуточных коромысла; 4 – ролик; 5 – центральная призма; 6 – центральное коромысло; 7 – тяга; 8 – коромысло массовлагомера; 9 – ось кронштейна; 10 – стена; 11 – противовес массы сухой древесины в штабеле; 12 – *контакт-стрелка*; 13 – электрочасовой механизм; 14 – цилиндр с *контакт-программой*; 15 – ручка настройки скорости вращения контакт-программы; 16 – подштабельная тележка

ного на фартуке 2 в шарнире 6. На длинное плечо коромысла 5 со шкалой массы сухой древесины в штабеле навинчен противовес 7. На фартуке 2 смонтирован часовой механизм 8, обеспечивающий медленное вращение горизонтального винта 9 с контакт-стрелкой 10 на нем. К тяге 4 прикреплен съемный планшет с контакт-программой 11. Устройство работает следующим образом.

Предварительно настраивают массовлагомер путем установки противовеса 7 по шкале на длинном плече коромысла 5 на массу сухой древесины в штабеле, равную произведению объема пиломатериалов в штабеле на их базисную плотность. Стрелка на конце длинного плеча массовлагомера покажет среднюю начальную влажность пиломатериалов в штабеле на дуговой шкале влажности W , %. Затем настраивают часовой механизм 8 на требуемую скорость движения контакт-стрелки 10. Приводят ее в левое крайнее положение начала сушки, подводят планшет с контакт-программой к контакт-стрелке и закрепляют его на тяге 4. Включают часо-

вой механизм. При отходе контакт-стрелки от контакт-программы, т.е. при разрыве контактов, включается система нагрева сушильного агента и начинается процесс сушки. По мере снижения массы штабеля контакт-программа поднимается и, коснувшись контакт-стрелки, прерывает нагрев калориферов или снижает его интенсивность. Так с помощью управления сушильным процессом по программе обеспечивается бездефектная сушка пиломатериалов рациональными режимами, координированными по текущей влажности. Массовлагомер, смонтированный на подштабельной тележке, создает некоторые неудобства в эксплуатации.

Другой вариант рычажного программного авторегулятора с массовлагомером, смонтированным на полу камеры стационарно, показан на рис. 7. Он тоже оборудован командной электрической системой подачи сигнала на включение и выключение калориферов, содержащей два контактных электрода в цепи управления – *контакт-стрелку* и *контакт-программу* – и смонтирован стаци-

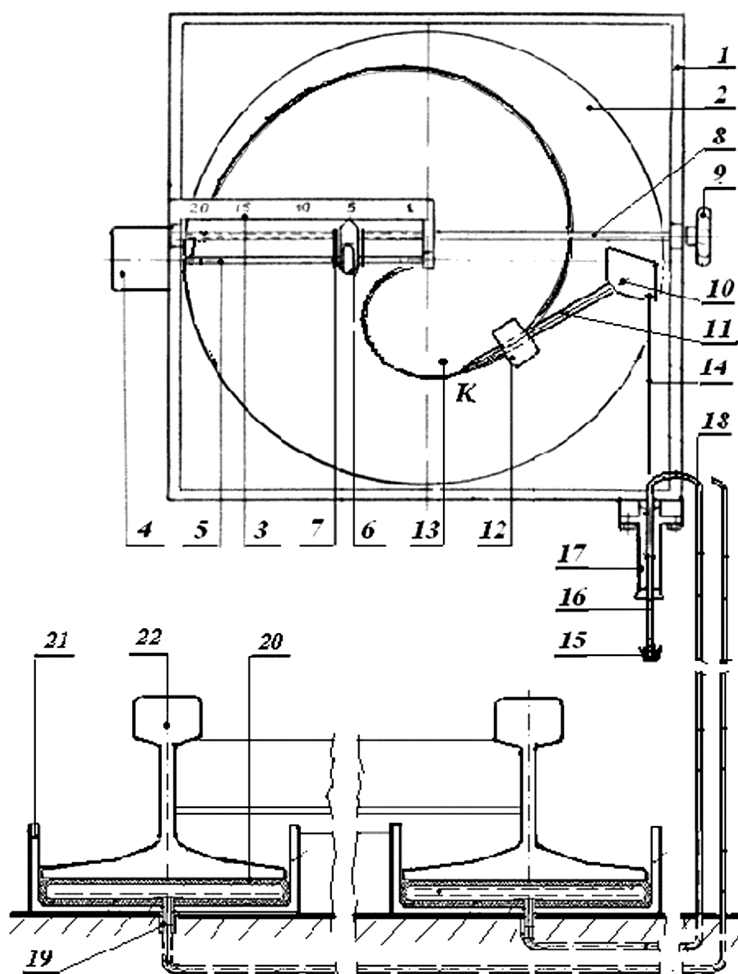


Рис. 8. Программный напольный гидравлический авторегулятор процесса бездефектной сушки пиломатериалов в штабеле: 1 – корпус; 2 – диск со спиральной *контакт-программой*; 3 – шкала скорости его вращения; 4 – электрочасовой механизм; 5 – валик; 6 – фрикционный ролик; 7 – обойма ползуна; 8 – винт-настройщик; 9 – рукоятка поворотного; 10 – ось; 11 – коромысло массовлагомера с *контакт-стрелкой* на конце его длинного плеча; 12 – противовес; 13 – внутренняя спиральная *контакт-программа*; 14 – подвеска; 15 – планка; 16 – четыре штока; 17 – четыре гидроцилиндра; 18 – четыре капилляра; 19 – ниппели; 20 – четыре герметичных резиновых рукава с жидкостью; 22 – подштабельная платформа на четырех рельсах; 21 – два швеллера с параллельными полками

онарно непосредственно на полу сушильной камеры на четырех призмах. В процессе сушки по мере снижения влажности пиломатериалов *контакт-стрелка* медленно перемещается вверх и при разрыве контактов подается сигнал на выключение калорифера для замедления сушильного процесса. При смыкании *контакт-программы* с *контакт-стрелкой* подается сигнал на включение калориферов.

Программный регулятор сушильного процесса на гидравлической подушке также основан на базе рычажного массовлагомера и командной системе подачи сигнала на включение-выключение калориферов и показан на рис. 8.

Программные авторегуляторы скорости бездефектной сушки пиломатериалов конструктивно просты. Эффективность от их внедрения может быть достигнута улучшением качества сушки за счет обеспечения процесса строго по рациональным режимам бездефектной сушки пиломатериалов, координированным по средней текущей влажности. Контроль влажности пиломатериалов в штабеле по их массе и программное ведение процесса наиболее целесообразны для использования в сборно-металлических камерах, которые при изготовлении на машиностроительных заводах могут быть укомплектованы всеми необходимыми устройствами.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННОГО АГЕНТА СУШКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА И ДУБА

А.Д. ПЛАТОНОВ, доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, д-р техн. наук,
Ю.С. МИХАЙЛОВА, асп. каф. древесиноведения ВГЛТА

vglatawood@yandex.ru

В процессе сушки из древесины удаляется влага, а вместе с ней и большое количество различных химических соединений, растворенных в ней. В состав экстрагируемых веществ входят и вредные для человека вещества, однако фундаментальных исследований на данную тему не проводилось.

Исследование состава отработанного агента сушки показало, что наибольшую опасность для окружающей среды и человека представляют вещества, экстрагируемые водой из древесины лиственных пород. В количественном и качественном отношении можно выделить фурфурол, относящийся к третьему классу опасных веществ и являющийся продуктом деструкции пентозанов, а также в меньших количествах формальдегид, относящийся ко второму классу. Данные вещества обладают суммационным эффектом, то есть при одновременном присутствии их воздействие на окружающую среду уже будет совместным, а концентрации должны суммироваться.

Удаление вредных веществ из сушильного пространства камер происходит с отработанным агентом сушки. Поэтому представляет определенный практический интерес установление характера и степени воздействия фурфурола и формальдегида на окружающую среду.

В соответствии с рекомендациями по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ должна определяться по наибольшему значению приземной концентрации, которое может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса, соответствующем наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям. При этом максимальная приземная концентрация каждого вредного вещества в приземном слое не

должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК) данного вредного вещества в атмосферном воздухе.

Наибольшее влияние на характер рассеивания веществ в атмосфере оказывает ветер. Поэтому представляется целесообразным произвести оценку и установить характер рассеивания вредных веществ, выбрасываемых с отработанным агентом сушки при различной скорости ветра.

Количественная оценка фурфурола и формальдегида в отработанном агенте сушки была определена в производственных условиях летнего периода на ЗАО «Рассвет» и ООО «Юглеспром» при сушке древесины бука и дуба. На данных предприятиях эксплуатируются однотипные по конструкции сушильные камеры емкостью 50 м³. Сушка древесины проводилась режимами, принятыми на предприятии, которые отличаются пониженной температурой на 5 °С и меньшей жесткостью на 1,5 °С на первой ступени по сравнению с рекомендованными РТМ.

Результаты измерения концентрации фурфурола и формальдегида в отработанном агенте сушки показали, что максимальных значений они достигают на начальном этапе сушки. Воздействие повышенной температуры при наличии свободной воды и приводит к интенсивному образованию и удалению продуктов распада лигноуглеводного комплекса. По мере снижения текущей влажности высушиваемой древесины отмечено существенное снижение концентрации этих веществ в отработанном агенте сушки. На основании полученных данных были рассчитаны значения максимальной суммационной приземной концентрации для фурфурола и формальдегида и определен характер рассеивания при опасной и неблагоприятной скорости ветра, представленные на рис. 1 и 2.

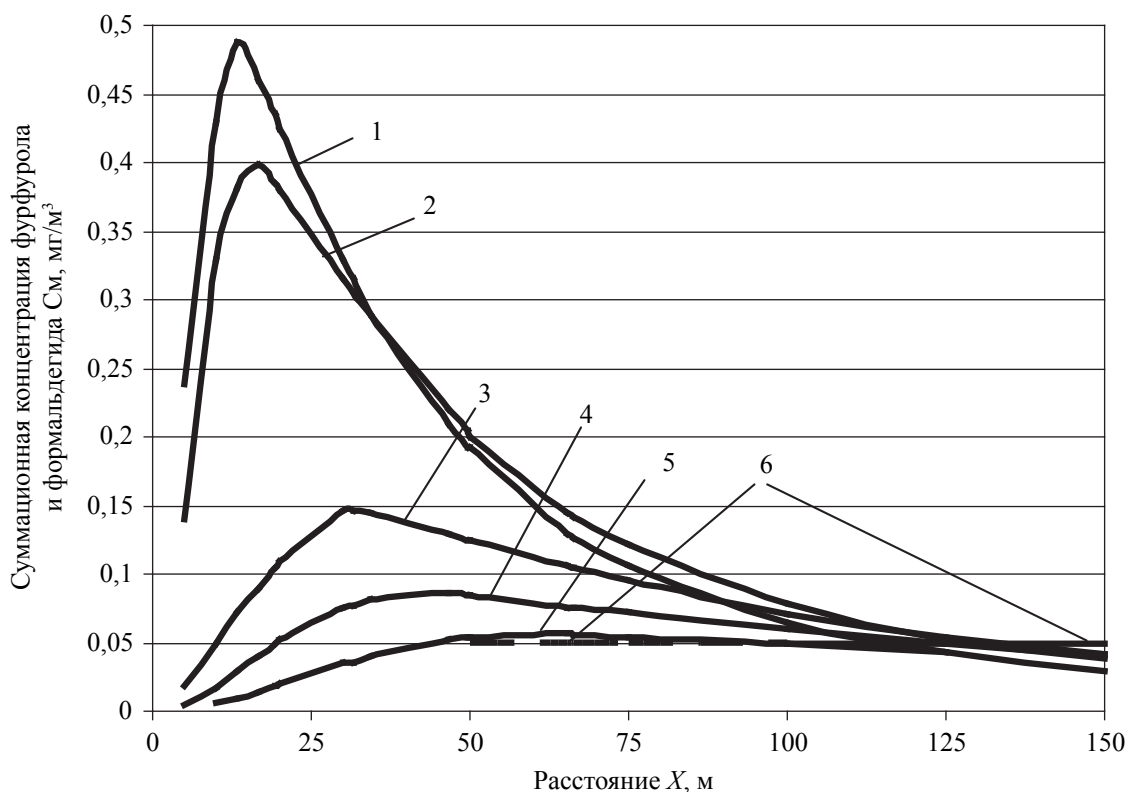


Рис. 1. Кривые рассеивания фурфура и формальдегида при сушке древесины бука в летний период при различной скорости ветра: 1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,6 м/с; 2, 3, 4, 5 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 1 м/с, 3 м/с, 5 м/с, 7,5 м/с; 6 – ПДК_{м.р.} по фурфурулу для жилой зоны

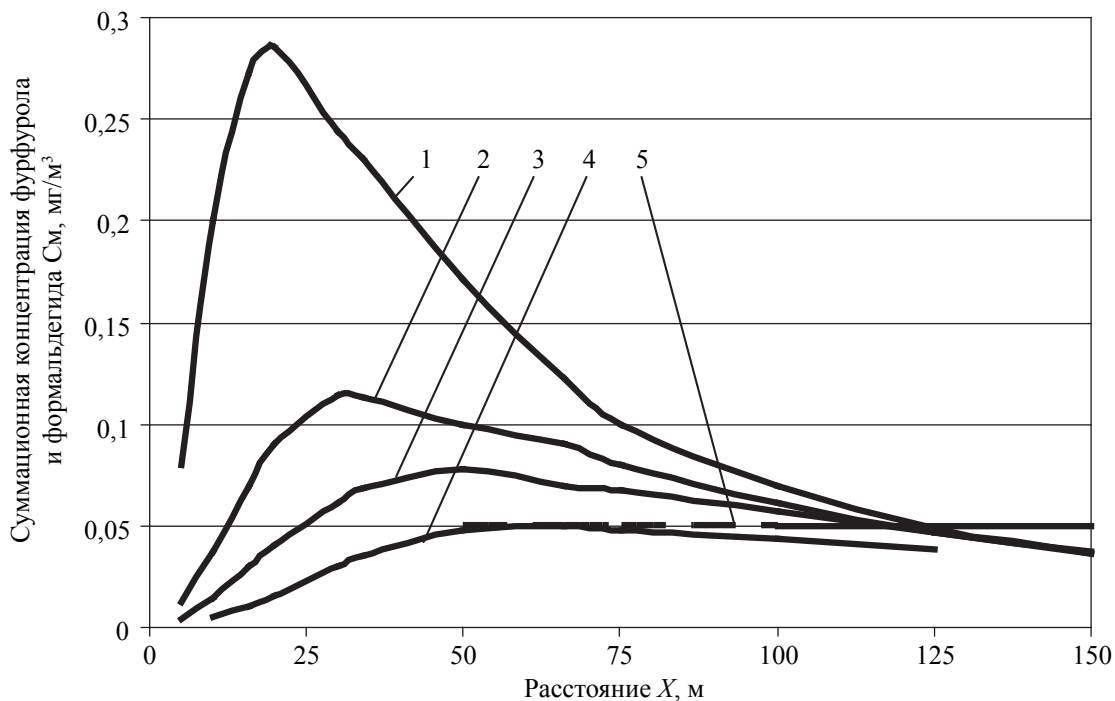


Рис. 2. Кривые рассеивания фурфура и формальдегида при сушке древесины дуба в летний период при различной скорости ветра: 1 – кривая рассеивания при опасной скорости ветра 0,25 м/с; 2, 3, 4 – кривые рассеивания при неблагоприятной скорости ветра 0,5 м/с, 1 м/с, 2 м/с; 6 – ПДК_{м.р.} по фурфурулу для жилой зоны

Максимальные значения суммарной приземной концентрации при сушке древесины бука были получены при опасной скорости ветра менее 1 м/с, на высоте флюгера 10 м. При других неблагоприятных значениях скорости ветра свыше 1 м/с происходит более активное перемешивание воздушных масс, что в свою очередь существенно уменьшает величину приземной концентрации (на высоте 1,5...2,5 м от поверхности земли), при этом пик концентрации удаляется от сушильной камеры. Полученные значения приземной концентрации не превышают ПДК_{р.з.} по фурфуролу (10 мг/м³) и формальдегиду (0,5 мг/м³), установленных для рабочей зоны.

Необходимо отметить, что при сушке древесины бука при опасной и некоторых значениях неблагоприятной скорости ветра значения приземной концентрации вредных веществ за пределами санитарной зоны, установленной для мебельных предприятий – 50 м и 100 м для лесопильных производств и деревянного домостроения, превышают значения ПДК_{ж.з.} для жилой зоны. Максимально разовые и среднесуточные значения ПДК_{ж.з.} в жилой зоне не должны превышать для фурфурола 0,05 мг/м³ и формальдегида 0,035 мг/м³. При одновременном совместном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, их безразмерная суммарная концентрация после приведения к одному источнику не должна превышать ПДК наиболее опасного из них. Полученные значения приземной кон-

центрации вредных веществ на границе санитарной зоны 50 м и 100 м, соответственно, в четыре и полтора раза, превышают предельные значения, установленные для жилой зоны по фурфуролу при опасной скорости ветра.

При сушке древесины дуба, при меньшем количестве выбросов из камеры отработанного агента сушки в нем отмечена и вдвое меньшая концентрация фурфурола, но несколько большая формальдегида по сравнению с древесиной бука. Это отразилось и на численной величине приземной концентрации, которая при опасной скорости ветра меньше в два раза. При этом зона рассеивания фурфурола и формальдегида при опасной и некоторых значениях неблагоприятной скорости ветра превышает границу санитарной зоны, установленную только для мебельных предприятий.

Полученные значения отражают степень влияния некоторых вредных веществ на окружающую среду при работе только одной сушильной камеры. При оценке работы более крупных сушильных участков количество выбросов, соответственно и степень их воздействия на окружающую среду, за пределами санитарной зоны будет существенно выше.

Библиографический список

1. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов / Г.Н. Кононов. – М.: МГУЛ, 2002. – 259 с.
2. Мазур, И.И. Инженерная экология. Общий курс. В 2-х т. Т. 2: справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдованов, В.Н. Шишов. – М.: Высшая школа, 1996. – 655 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОПИТОЧНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

В.Е. ЦВЕТКОВ, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, д-р. техн. наук,*
 М.Ю. ЗУЕВА, *асп. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ,*
 О.П. МАЧНЕВА, *доц. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук*

mashula111@yandex.ru

Как известно, в основе процесса пропитки текстурных бумаг лежат адгезия и смачивание, которые определяются взаимодействием на границе фаз. Это взаимодействие

зависит от величин, которые обуславливаются свойствами поверхностей, прежде всего от поверхностного натяжения и краевого угла смачивания.

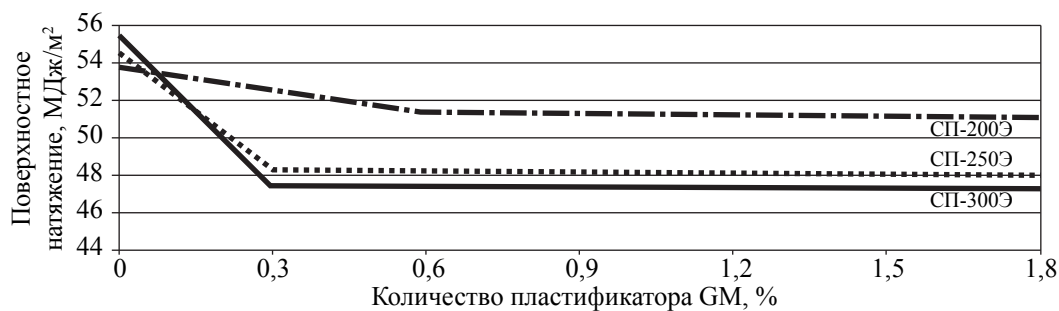


Рис. 1. График зависимости поверхностного натяжения пропиточных олигомеров СП-200Э, СП-250Э, СП-300Э от количества пластификатора GM



Рис. 2. График зависимости поверхностного натяжения пропиточных олигомеров СП-200Э, СП-250Э, СП-300Э от количества отделителя PHE

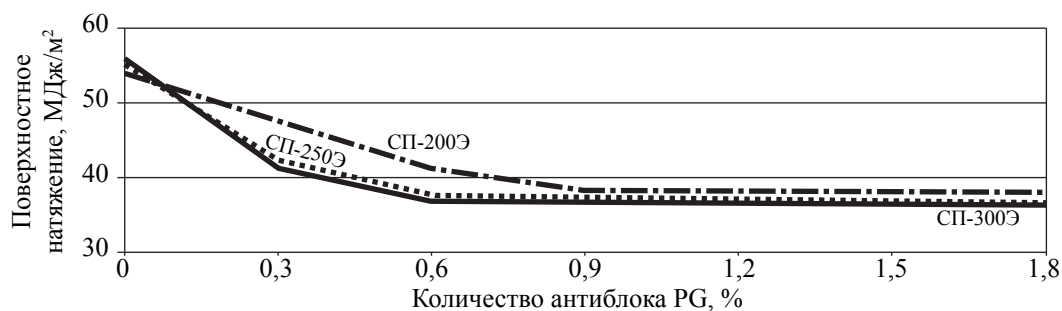


Рис. 3. График зависимости поверхностного натяжения пропиточных олигомеров СП-200Э, СП-250Э, СП-300Э от количества антиблока PG

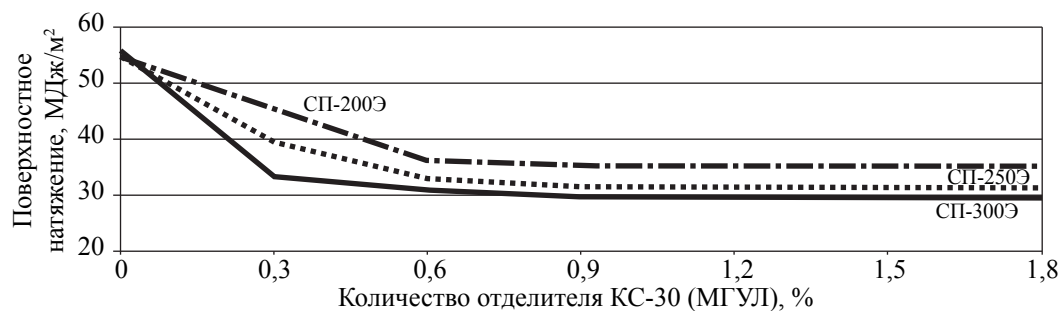


Рис. 4. График зависимости поверхностного натяжения пропиточных олигомеров СП-200Э, СП-250Э, СП-300Э от количества отвердителя КС-30(МГУЛ)

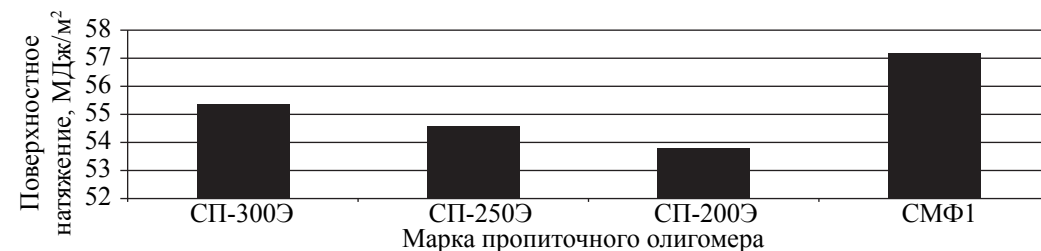


Рис. 5. Данные по поверхностному натяжению некоторых пропиточных олигомеров

Рецептура пропиточных олигомеров

Рецептура	Пропиточный олигомер			Бумажная подложка
	СП-200Э	СП-250Э	СП-300Э	
ПластификаторGM, %	0,6	0,3	0,3	–
Отделитель PHE, %	0,1	0,1	0,1	–
Антиблок PG, %	0,3	0,3	0,3	–
ОтвердительKS(МГУЛ), %	0,5	0,5	0,5	–
Поверхностное натяжение,σ, МДж/м ²	28,6	31,5	29,7	47

Для определения поверхностного натяжения был использован метод отрыва кольца. Все добавки предварительно проверяются в лабораторных условиях, в особенности на предмет их совместимости с применяемыми смолами. Оптимальная концентрация добавок подбирается потребителем при их регулярном использовании в зависимости от типа декоративных бумаг и условий процесса (скорость подачи ленты, режим сушки и т.д.)

Подбирать добавки, снижающие поверхностное натяжение, нужно с таким расчетом, чтобы их действие было длительным и эффективным в течение всего срока эксплуатации покрытия. Кроме того, расход этих добавок должен быть по возможности минимальным.

Анализируя полученные зависимости на рис. 1–5, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее воздействие поверхностно-активные добавки оказывают на поверхностное натяжение олигомера СП-300Э.

2. Оптимальное количество поверхностно-активных веществ не превышает 0,6 % от массы олигомера. Введение добавок в большем количестве не дает существенного снижения поверхностного натяжения пропиточных олигомеров. Для того чтобы оценить эффективность поверхностно-активных добавок при добавлении их в различные олигомеры, необходимо знать поверхностное натяжение пропиточных олигомеров, а также поверхностное натяжение самих добавок. На рис. 5 приведены данные по поверхностному натяжению некоторых пропиточных олигомеров.

Подбор пропиточного состава проводился с учетом того, что поверхностное натяжение пропиточного раствора может быть меньше или равно поверхностному натяжению бумажной подложки.

$$\sigma_{\text{бум.}} \geq \sigma_{\text{пр.р-р}} \quad (1)$$

В таблице даны результаты измерений поверхностных натяжений экспериментальных пропиточных составов и бумажной подложки. Поверхностное натяжение древесины 47 мДж/м². Так как при изготовлении бумаг на отечественных бумажных фабриках в основном используют древесину хвойных пород, найденное значение поверхностного натяжения древесины сосны было приравнено к поверхностному натяжению бумаги.

Как видно из таблицы, экспериментально подобранные пропиточные составы удовлетворяют условию (1).

Таким образом, опираясь на полученные данные, мы подобрали оптимальное количество поверхностно-активных добавок.

Библиографический список

1. Азаров, В.И. Технология связующих и полимерных материалов: учебное пособие для вузов / В.И. Азаров, В.Е. Цветков. – М.: Лесная пром-ть, 1985. – 216 с.
2. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. / Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с.
3. Никитин, А.А. Свойства пропиточных олигомеров / А.А. Никитин, Е.И. Карасев // Научные труды МЛТИ. – 1989. – Вып. 215. – С. 53–56.
4. Никитин, А.А. Изучение абсорбционных процессов при получении малотоксичных древесных материалов / А.А. Никитин, С.А. Рыженкова, В.Е. Цветков и др. // Научные труды МЛТИ. – 1991. – № 242. – С. 150–153.

ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОМ СВЯЗУЮЩЕМ

Т.Н. КАРПОВА, ассистент каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ

mashula111@yandex.ru

Проблема снижения токсичности плитных материалов остается актуальной и требует комплексного решения.

В данной работе использовалось одно из направлений улучшения качества изделий, которое заключается в формировании клеевых соединений из олигомерных смесей. Сущность этого метода – получение градиента свойств в заданном направлении, которое достигается в результате применения так называемых взаимопроникающих сеток, образующихся при совмещении двух олигомеров в жидком состоянии [1]. Переход в двухфазное состояние с последующим отверждением сопровождается увеличением прочности и других физико-механических характеристик. Клеевые соединения, сформированные из таких олигомерных смесей, обладают меньшими внутренними напряжениями, так как термопластичная фракция, которая обладает низким модулем упругости, способствует диссипации внутренних напряжений.

По результатам предварительных исследований в качестве модифицирующей добавки была выбрана поливинилацетатная дисперсия, пластифицированная смесью полифункциональных соединений, включающих кислородосодержащие циклы, гидроксильные и эфирные группы. Карбамидно-поливинилацетатный клей (связующее) получали путем смешивания карбамидной смолы и водной дисперсии поливинилацетата. Этот клей обладает удовлетворительной вязкостью, достаточной жизнеспособностью и хорошими клеящими свойствами. Соединения на карбамидно-поливинилацетатном клее характеризуются высокими прочностными показателями и почти не имеют недостатков, присущих соединениям на карбамидных и поливинилацетатных клеях.

Изучались свойства композиций в соотношениях КФ олигомер к ПВА дисперсии от 100/0 до 100/50 в массовых частях.

Результаты исследований представлены на рис. 1–3.

Некоторые изменения технологических свойств модифицированных составов по сравнению с немодифицированными анализировались на возможность применения олигомерных смесей в качестве связующего для изготовления древесно-стружечных плит.

На рис. 1 приведена зависимость вязкости КФ олигомера от количества модификатора.

При увеличении содержания ПВА дисперсии в КФ смоле наблюдается небольшое снижение вязкости. Это может быть связано с большим различием молекулярных масс смешанных олигомеров. Применение таких составов в качестве связующего в производстве древесно-стружечных плит только улучшит осмоление древесных частиц.

На рис.2 представлена зависимость рН КФ связующего от количества модификатора.

Незначительное снижение рН модифицированных составов объясняется более низким значением рН ПВА дисперсии по сравнению с КФ смолой. Такое изменение может повлиять на скорость отверждения связующего в процессе горячего прессования.

На рис. 3 представлена зависимость содержания свободного формальдегида в олигомерных смесях от количества модификатора.

При разбавлении КФ смолы нетоксичным олигомером (ПВА) наблюдается снижение содержания свободного формальдегида.

При смешивании ПВА-дисперсии с карбамидными смолами происходят химические взаимодействия между отдельными реакционно-способными компонентами. Из ПВА-дисперсии в реакции вступает поливиниловый спирт, являющийся эмульгатором и содержащийся в дисперсионной среде и на поверхности глобул ПВА. Из мочевинофор-

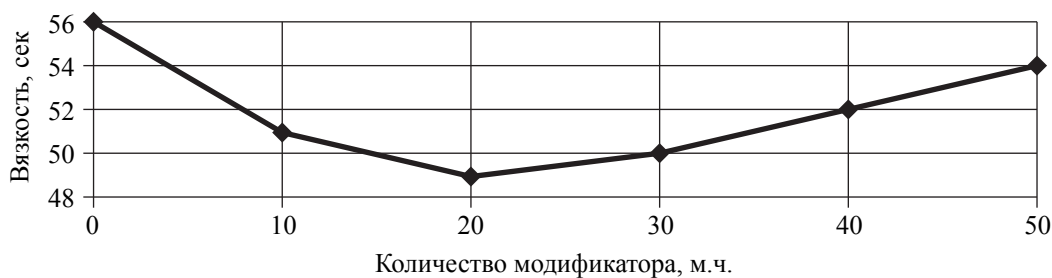


Рис. 1. Влияние количества модификатора на вязкость КФ связующего

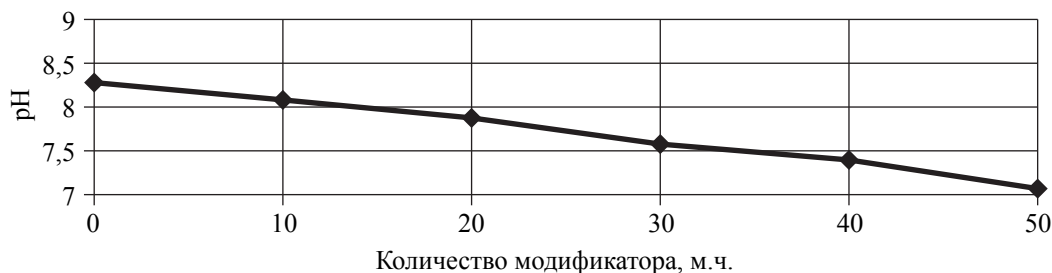


Рис. 2. Влияние количества модификатора на pH КФ связующего

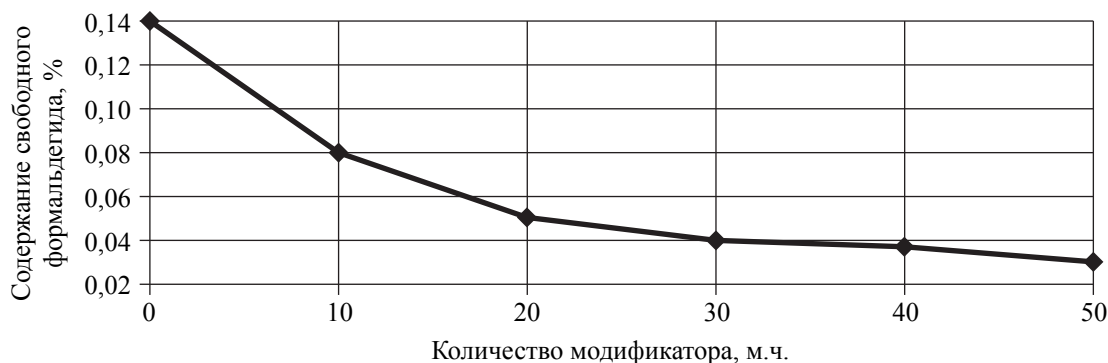


Рис. 3. Влияние количества модификатора на содержание свободного формальдегида в КФ связующем

Т а б л и ц а 1

Свойства полученных древесно-стружечных плит

Наименование показателей	Плиты на КФ смоле	Плиты на модифицированной КФ смоле		
		100/10	100/15	100/20
Предел прочности плит при статическом изгибе, МПа	20,7	22,4	22,1	19,2
Разбухание за 24 часа, %	22,0	19,2	19,0	21,4
Содержание свободного формальдегида, мг/100г а.с.п.	11,6	8,2	6,3	3,7

мальдегидной смолы в реакции вступают моно- и диметилмочевины с поливиниловым спиртом, образуя пространственную молекулярную структуру. Поливиниловый спирт вступает в реакцию также со свободным формальдегидом и переходит в пространственное шитое состояние вследствие образования межмолекулярных ацеталей. (2)

Возможность применения совмещенных клеев была осуществлена на практике.

Были изготовлены древесно-стружечные плиты, в качестве связующего использовался состав 100/10; 100/15; 100/20; (КФ/ПВА). Физико-механические свойства плит представлены в табл. 1

Аналогичные плиты были испытаны в производственной лаборатории ПК «Корпорация Электрогорскмебель». Содержание свободного формальдегида по перфораторному методу составило 1,7мг на 100г а.с.п.

Переменные факторы и уровни их варьирования

Переменный фактор	Обозначение фактора		Шаг варьирования	Уровень варьирования		
	Натурального	Кодированного		Нижний	Основной	Верхний
Температура плит пресса	T, °C	X1	30	130	160	190
Продолжительность прессования	τ, мин/мм	X2	0,1	0,25	0,35	0,45
Содержание модификатора	Q, %	X3	10	10	20	30

Данные результатов эксперимента

№ п/п	Выходные параметры			
	Предел прочности плит, МПа		Разбухание по толщине Δh, %	Содержание свободного формальдегида мг/100г а.с.п.
	при статическом изгибе σ и	при растяжении перпендикулярно пласти σ р		
1	10,0–10,2	0,23	35,5–38,2	8,3
2	9,6–9,8	0,19	39,3–42,5	4,3
3	8,7–9,1	0,17	48,7–51,3	4,1
4	15,9–19,6	0,66	21,6–21,8	6,8
5	16,2–16,9	0,46	26,0–26,5	5,1
6	13,0–14,3	0,36	35,2–38,2	3,2
7	19,4–21,7	0,56	20,2–23,3	4,2
8	19,4–20,0	0,50	26,0–26,6	3,4
9	15,7–19,2	0,46	34,0–36,9	2,8
10	18,3–21,4	0,56	22,6–26,3	6,8
11	18,3–19,1	0,44	31,9–33,2	6,1
12	14,1–15,8	0,30	42,4–45,5	4,1
13	21,1–21,3	0,72	24,7–25,0	4,8
14	20,9–21,1	0,49	24,4–34,4	5,2
15	16,2–19,0	0,37	36,1–44,6	5,1
16	17,9–21,1	0,68	25,5–28,9	5,1
17	17,2–18,4	0,60	35,3–37,2	4,8
18	16,2–17,0	0,51	46,8–48,9	3,7
19	22,8–23,2	0,63	23,0–27,3	7,5
20	17,7–18,2	0,53	28,8–39,3	5,1
21	17,0–17,5	0,28	40,0–40,6	5,1
22	18,6–21,5	0,58	26,3–28,8	6,5
23	17,4–18,1	0,54	32,8–42,3	3,3
24	14,2–14,8	0,32	48,0–53,1	3,8
25	19,0–19,9	0,40	29,0–29,8	7,4
26	18,3–19,1	0,58	41,3–42,6	3,6
27	13,5–14,8	0,39	55,2–57,1	3,1

Таким образом, карбамидоформальдегидные олигомеры можно модифицировать поливинилацетатной дисперсией и применять полученные составы в качестве связующего для получения нетоксичных древесно-стружечных плит с эмиссией формальдегида в пределах 1,6–3 мг/100г плиты.

Для исследования влияния технологических факторов на свойства модифицированных древесно-стружечных плит был спланирован и реализован В-план второго порядка. Выбранные в результате анализа варьированные факторы и диапазоны их изменения представлены в табл. 2.

Далее после компьютерной обработки результатов экспериментов В-плана были получены уравнения регрессии.

$$Y_{\sigma_{II}} = 121,54 - 1,167X_1 + 225,72X_2 + 0,37X_3 - 0,8944X_2^2 - 0,95X_1X_2;$$

$$Y_{\sigma_{\perp}} = -4,299 + 0,041X_1 + 8,3944X_2 - 5,5X_2^2 + 0,0325X_2X_3 - 0,02778X_1X_2;$$

$$Y_{\Delta h} = 250,4 - 1,43X_1 - 617,22X_2 - 1,169X_3 + 351,111X_2^2 + 0,0153X_3^2 + 1,2627X_2X_3 + 2,1222X_1X_2;$$

$$Y_{CH_2O} = 11,69 + 0,0558X_1 - 30,444X_2 - 0,415X_3 + 10,556X_2^2 + 0,005889X_3^2 + 0,1833X_2X_3 + 0,075X_1X_2.$$

По результатам полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. Наилучшими физико-механическими показателями обладают плиты, полученные по следующим режимам:

$$T = 130 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\tau = 0,35-0,45 \text{ мин / мм},$$

$$Q = 10-20 \text{ \%}.$$

2. Модифицированное КФ связующее позволяет получать нетоксичные плиты, соответствующие нормам ПДК.

Библиографический список

1. Взаимопроникающие полимерные сетки / Ю.С. Липатов, Л.М. Сергеева. – Киев: Наук. думка, 1979. – 160 с.
2. Зигельбойм, С.Н. Термопластичные клеи в производстве мебели / С.Н. Зигельбойм. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 104 с.
3. Тришин, С.П. Технология древесных плит: лабораторный практикум для студентов / С.П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2001. – 96 с.
4. ГОСТ 10632-2007. Плиты древесно-стружечные. Технические условия.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДОСОДЕРЖАЩИМИ СМОЛАМИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДРЕВЕСНОПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИИ

В.П. СТРЕЛКОВ, *зам. ген. дир. по научной работе ЗАО «НИИ ВНИИДРЕВ»*, канд. техн. наук,
Б.К. ИВАНОВ, *зав. отделом хим. испытаний древесных материалов ЗАО «НИИ ВНИИДРЕВ»*,
В.Е. ЦВЕТКОВ, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, д-р техн. наук*

tsvetkov@mgul.ac.ru

Основным потребителем формальдегидосодержащих клеящих смол в России являются заводы по производству древесно-стружечных плит, древесно-волокнистых плит средней и высокой плотности, а также фанеры. Используются карбамидоформальдегидные, фенолоформальдегидные и меламинокарбамидоформальдегидные смолы.

Данные по производству древесных плит и фанеры в России приведены в табл. 1.

В 2009 г. произошел спад производства по всем видам древесных плит. В 2010 г. производство древесно-волокнистых плит в основном восстановилось, объем производства фанеры превысил уровень 2008 г., производство древесно-стружечных плит только в 4-м квартале 2010 г. начало работать с превышением уровня 2008 г.

Суммарная мощность заводов по производству древесных плит и фанеры со-

ставляет 12,8 млн м³/год. Дополнительно в реализации находятся 18 проектов с общим приростом мощностей 2,8 млн м³/год:

– 8 заводов ДСП с приростом мощностей на 1280 тыс. м³/год;

– 4 завода МДФ мощностью 880 тыс. м³/год;

– 6 фанерных заводов, в том числе производящие плиты из многослойного шпона ЛВЛ, с общей мощностью 760 тыс. м³/год.

Подготовлены около 20 новых проектов по строительству заводов ДСП, МДФ, ОСБ и фанеры с общей мощностью до 5 млн м³/год. Из них 16 проектов включены Министерством промышленности и торговли Российской Федерации в перечень приоритетных в области освоения лесов. Всего общий прирост мощностей по древесным плитам и фанере может составить около 8 млн м³/год. В результате прогнозируется насыщение

Производство древесных плит и фанеры в России

Древесные плиты	Производство по годам, тыс.м ³				Количество линий в 2010г.
	2007	2008	2009	2010	
Древесно-стружечные плиты (ДСП)	5261	5749	4562	5484	44
Древесно-волоконистые плиты (ДВП)	1318	1283	947	1258	36
Древесно-волоконистые плиты средней плотности (МДФ)	849	900	850	900	6
Фанера	2763	2583	2107	2679	59
Плиты из многослойного шпона (ЛВЛ)	30	35	39	70	2
Всего:	10221	10550	8505	10391	149
Древесные плиты из крупноразмерной ориентированной стружки (ОСБ)	Производство ОСБ не создано				0
	импорт 182	импорт 300	импорт 200	импорт 300	

Прогноз потребления формальдегидосодержащих смол лесопромышленным комплексом России

Потребители смол	Производство материалов с использованием смол, тыс. м ³			Потребность в формальдегидосодержащих смолах, тыс.т		
	2008 г.	2010 г.	2015 г.	2008 г.	2010 г.	2015 г.
Древесно-стружечные плиты	5750	5484	8600–9400	633	603	890–1030
Плиты МДФ и ХДФ	1216	1600	3200–3800	171	225	440–520
Плиты ОСБ	0	0	1500–2000	0	0	70–100
Фанера	2583	2679	3200–3600	210	217	260–290
Клееный брус	200	550	1200–1500	2	5	10–13
Импregnирование бумаги	708 млн м ²	880 млн м ²	1100–1400 млн м ²	90	110	140–180
Другие потребители смолы (каширование, фанерование плит, мебельные клееные щиты, паркет и др.)				10,0	12,0	20,0
Итого потребление смол				1116	1172	1830–2150
Мощности по производству формальдегидосодержащих смол, в том числе:				1522	Нет данных развития мощностей по производству смол	
– карбамидные смолы				1422		
– фенолоформальдегидные смолы				100		
Обеспеченность лесопромышленного комплекса России формальдегидосодержащими смолами, т				+ 406	+ 350	–308÷628

внутреннего рынка России древесными плитами с необходимостью выхода на внешние рынки сбыта. Подотрасль древесных плит в перспективе должна стать экспортно ориентированной, по аналогии с производством фанеры, где 64 % от объемов производства направляется на экспорт.

На период до 2015 г. в России в основном определились проекты строительства заводов древесных плит и фанеры. Однако, если смотреть далее 2015 г., с учетом тенденций развития в Китае и в странах Юго-Восточной Азии, можно рассчитывать на более интенсивное развитие подотрасли. Имеющаяся

сырьевая база позволяет осуществить интенсивное развитие подотрасли древесноплитных материалов. По оптимальному варианту расчетов до 2020 г. прогнозируется удвоение выпуска листовых древесных материалов, по инерционному, по аналогии с прошедшим пятилетним периодом, прирост производства составит не более 50 %. Пропорционально этому прогнозируется и рост потребления формальдегидосодержащих смол. Исходя из прогноза развития производства древесных плит и фанеры, институтом ЗАО «ВНИИДРЕВ» сделана оценка потребности в формальдегидосодержащих смолах к 2015 г. (табл. 2).

Общее потребление формальдегидосодержащих смол лесопромышленным комплексом, включая карбамидоформальдегидные, фенолоформальдегидные и меламиносодержащие, в 2010 г. составило около 1170 тыс. т, в том числе: 810 тыс. т для древесных плит, 230 тыс. т для фанеры и около 110 тыс. т для декоративной пленки. Эта потребность обеспечивалась имеющимися мощностями – около 1520 тыс. т/год (табл. 2). С учетом прогнозов развития производства древесных плит и фанеры потребление формальдегидосодержащих смол к 2015 г. возрастет до 1830–2150 тыс. т и возникнет проблема дефицита в объеме до 300–600 тыс. т в год. К 2020 г. дефицит смол увеличится примерно до 1,0 млн т/год.

Наиболее сложное положение на рынке формальдегидных клеящих смол складывается в регионах Сибири и Дальнего Востока, где опережающими темпами начинается строительство древесноплитных производств. Например, в 2010 г. в Хабаровском крае в ОАО «Аркаим» (порт Ванино) начал работать завод по производству ДСП мощностью 140 тыс. м³/год, готовится к запуску малайзийское предприятие по производству МДФ мощностью 150 тыс. м³/год – эти заводы вынуждены покупать смолы в Китае. Для прогнозируемого развития древесных плит в Восточной Сибири необходимо создание собственных мощностей 200–300 тыс. т/год по производству карбамидных смол. В начале 90-х годов были ликвидированы мощности по карбамидным смолам в г. Ангарске Иркутской обл., и потому восточнее г. Томска производство карбамидных смол отсутствует. При этом карбамидоформальдегидная смола производства ОАО «Томский НХК» не в полной мере удовлетворяет требования древесноплитной промышленности. При мощности 200 тыс. т/год в производстве продолжают использоваться установки непрерывного способа, на которых невозможно получать смолы с мольным соотношением формальдегида к карбамиду менее 1,2. Это затрудняет возможность изготовления малотоксичных древесных плит – для плит класса Е-1 необходимы смолы с мольным соотношением от 1,0 до 1,1.

В настоящее время в производстве древесных плит обостряется проблема экологической безопасности продукции, осложняющая перспективу развития подотрасли. Уже возникают препятствия по экспорту ДСП, МДФ, ДВП и изделий из них. Действующие в России ГОСТы предусматривают для древесных плит класса Е-1 содержание формальдегида 8 мг/100 г по перфораторному методу при среднегодовой не более 6,5 мг/100 г. Для облицованных ДСП класса Е-1 предусмотрен норматив эмиссии формальдегида по газоаналитическому методу – не более 3,5 мг/м² ч и по камерному методу – не более 0,124 мг/м³ воздуха. Плиты класса Е-1 являются основным материалом для мебели и для изготовления изделий, эксплуатируемых внутри жилых помещений, и потому класс Е-1 должен стать преобладающим в выпуске древесных плит. Европейские стандарты EN-312 (ДСП), EN-622 (МДФ) и EN-31986 (плиты для строительства) предусматривают для необлицованных древесных плит норматив эмиссии формальдегида 0,124 мг/м³ воздуха по камерному методу. Этот показатель является основным критерием для экспорта–импорта древесноплитной продукции в странах Западной Европы. Аналогичное положение в Северной Америке.

Показатель эмиссии формальдегида становится необходимым критерием и при экспорте российских древесноплитных материалов. Несоответствие отечественной продукции европейским нормативам по эмиссии формальдегида создает препятствия экспорту ДСП, МДФ, ХДФ и изделий на их основе в Западную Европу. Следует отметить, что отечественная фанера в основной части отвечает этим требованиям зарубежных стандартов по экологической безопасности, и потому является экспортно-ориентированной. Ряд отечественных предприятий (ООО «Пермский ФК», ЗАО «Череповецкий ФМК» и другие) успешно осуществили сертификацию фанерной продукции согласно требованиям CARB (США) и успешно экспортируют ее.

Перспектива развития древесных плит тесно связана с перспективой развития экспорта, и потому объективно необходимо

ориентироваться на требования европейских и международных стандартов по показателю эмиссии формальдегида. ГОСТ 16371 «Мебель. Общие технические условия» с 2008 г. предусматривает норматив выделения формальдегида $0,01 \text{ мг/м}^3$ воздуха при испытании камерным методом. Исследования, выполненные в АНО ЦСЛ «Лессертика» (г. Балабаново Калужской обл.), показали, что даже детская мебель некоторых предприятий, подлежащая обязательной сертификации, не отвечает этому нормативу. Уже известно несколько случаев обращения конечных потребителей мебели в суд с иском о возмещении ущерба к производителям, продукция которых создала угрозу здоровью потребителей. Ожидается, что в дальнейшем число таких обращений будет возрастать.

Для обеспечения гигиенических требований по выделению формальдегида из изделий мебели должны использоваться соответствующие облицованные древесно-плитные материалы. Поэтому на заводах по производству древесных плит необходимо продолжение работ по снижению содержания формальдегида в плите-основе и повышению изолирующей способности облицовочных материалов для снижения выделения формальдегида из мебели до уровня требований гигиенических нормативов.

Исследованиями ЗАО «ВНИИДРЕВ» и Уральского ГЛТУ (г. Екатеринбург) для не облицованных древесных плит показано, что для обеспечения западноевропейского требования по эмиссии формальдегида, равного $0,124 \text{ мг/м}^3$ воздуха, среднее содержание формальдегида в плитах по перфораторному методу должно быть: для ДСП – не более $4,2 \text{ мг/100 г}$, для фанеры – не более $6,0 \text{ мг/100 г}$ и для МДФ – не более $3,8 \text{ мг/100 г}$, что значительно меньше уровня 8 мг/100 г , предусмотренного отечественными стандартами. Для обеспечения этих требований в древесно-стружечных плитах и в древесно-волоконистых плитах средней плотности содержание формальдегида должно быть в 2 раза меньше предусмотренного отечественными стандартами для плит класса Е-1. По данным центров Госсанэпиднадзора и АНО ЦСЛ «Лессерти-

ка» (г. Балабаново), большинство отечественных древесных плит не отвечают этим требованиям. Следовательно, для отечественных предприятий задача снижения содержания формальдегида в древесных плитных материалах до уровня половины значения для класса Е-1, согласно ГОСТ 10632-2007, определяется как первоочередная на ближайшие годы. Обеспечение современных требований по экологической безопасности зависит от особенностей применяемых технологий и используемых связующих. Известно, что лучшие результаты достигнуты на современных линиях по производству ДСП, МДФ и ДВП, оснащенных ленточно-роликовыми прессами непрерывного действия, а также одноэтажными и сдвоенными прессами периодического действия. Для обеспечения гарантий экологической безопасности продукции необходима стабильность всех параметров технологических процессов при налаженном производственном контроле, использовании статистических методов управления производственным процессом и эффективности систем менеджмента качества.

Ситуация сложилась так, что заводы древесных плит и фанеры в России работают на импортном европейском оборудовании, применяют западноевропейские технологии, используют идентичные связующие, однако отечественные стандарты на продукцию не гармонизированы с европейскими, что затрудняет экспортные сделки. Для повышения конкурентоспособности древесно-плитной продукции необходимо провести гармонизацию отечественных стандартов в части экологического качества и ассортимента продукции с соответствующими европейским и международным стандартами.

В ГОСТ 10632 на древесно-стружечные плиты необходимо ввести показатель выделения формальдегида $0,124 \text{ мг/м}^3$, определяемый камерным методом, предусмотреть показатели для влагостойких, конструкционных и особо прочных плит и др. В ГОСТ 53208-2008 «Плиты древесные моноструктурные» необходимо включить показатели для древесно-волоконистых плит высокой плотности, изменить название стандарта,

включить европейский показатель выделения формальдегида и др. Необходима разработка национальных стандартов на древесные плиты из крупноразмерной ориентированной стружки (ОСБ), на огнестойкие древесные плиты, на ламинированный паркет, на стеновые панели, на ламинированные и окрашенные МДФ и ДВП и др. Также необходим пересмотр старых и введение новых стандартов на методы определения экологической безопасности древесных плит и фанеры.

Известно, что для получения малотоксичных плит необходимы низкомолекулярные карбаминоформальдегидные смолы с мольным соотношением формальдегида к карбамиду от 1,0 до 1,1. Имеется необходимость внесения этого показателя в стандарты в качестве технической характеристики карбаминоформальдегидных смол для возможности контроля со стороны потребителей. Стандарты необходимо дополнить соответствующей методикой для определения мольного соотношения формальдегида к карбамиду. Например, завод ООО «Флайдерер» (п. Подберезье в Новгородской обл.), имеющий линию для производства ДСП с непрерывным прессом мощностью 500 тыс. м³/год, согласовал с ОАО «Акрон» (г. Новгород) специальные Технические условия на низкомолекулярную карбаминоформальдегидную смолу для производства ДСП по технологии непрерывного способа прессования. В эти технические условия включены показатель мольного соотношения формальдегида к карбамиду (1,02–1,08) и методика для измерения этого показателя. Предприятия расположены поблизости и потому не имеют проблем по доставке смолы в производство ДСП.

Низкомолекулярные карбаминоформальдегидные смолы имеют малый срок хранения (3–4 недели), что осложняет доставку потребителям, расположенным на значительном удалении. Поэтому для крупных специализированных химических предприятий оптимальное расстояние для доставки низкомолекулярных карбаминоформальдегидных смол не должно превышать 1000 км. По этой же причине целесообразно создание собственных участков для изготовления карбаминоформальдегидных смол на

крупных заводах по производству древесных плит. Целесообразно предусматривать окислительную колонну для получения концентрированного формалина из метанола. Такие производства в последние годы созданы в ООО «Кроношпан» и ОАО «Карелия ДСП».

На ряде заводов (ООО «Шекснинский КДП», ОАО «Томский завод ДСП», ОАО «Увадрев-Холдинг» и др.) освоено изготовление карбаминоформальдегидных низкомолекулярных смол на основе применения покупного карбаминоформальдегидного концентрата, имеющего относительно длительный гарантийный срок хранения.

Для снижения токсичности древесно-стружечных плит в зарубежной практике применяется система из двух смол с различным временем отверждения для внутреннего и наружных слоев ковра: для наружных слоев – низкомолекулярная смола, для внутреннего – высокорекреационная смола. Вариант с двумя смолами предлагается фирмой «Метадинеа» – крупнейшим изготовителем карбаминоформальдегидных смол в России. Требуются относительно небольшие затраты по дооснащению производства ДСП емкостями для обеспечения одновременной работы с двумя марками смол. Достигается двойной эффект: снижение токсичности плит и повышение производительности линии.

Для снижения содержания формальдегида и расширения ассортимента плит имеется необходимость применения меламинамносодержащих связующих. Меламинокарбаминоформальдегидные смолы необходимы при изготовлении ламинированного паркета, стеновых панелей и для получения влагостойких и повышенной прочности ДСП классов Р3, Р5 и Р7 по европейскому стандарту EN 312, для изготовления наружных слоев плит ОСБ. Меламинамносодержащие смолы необходимы и для изготовления влагостойкой фанеры. В Западной Европе потребители отказываются от приобретения фанеры с фенолоформальдегидными смолами, спросом пользуется фанера, изготовленная с применением меламинамносодержащих смол. Поэтому организация производства экспортной фанеры на меламинамносодержащих

смолах становится насущной и объективной необходимостью.

Промышленность в настоящее время использует импортный меламин, что значительно удорожает меламиносодержащие смолы, предназначенные для изготовления древесноплитной продукции и для импрегнирования декоративной бумаги. В настоящее время проблема решается, началось создание мощностей по производству меламин. В ОАО «Невинномысский азот» в Ставропольской обл. компания «Еврохим» монтирует установку мощностью 50 тыс. т/год, в ОАО

«Тольяттиазот» готовится производство мощностью 20 тыс. т/год с последующим увеличением до 40 тыс. т/год. Освоение производств намечается на конец 2011 г.

Библиографический список

1. Романов, Н.М. Карбамидоформальдегидный концентрат и смолы на его основе. Расчет масс компонентов при производстве карбомидо- и меламинокарбомидоформальдегидных смол / Н.М. Романов, Б.К. Иванов. – М.: «Ключ», 2008. – 148 с.
2. Волынский, В.Н. Технология древесных плит и композиционных материалов: учеб. пособие / В.Н. Волынский. – СПб.: изд. «Лань», 2010. – 336 с.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОПИТОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Д.В. КРУГЛОВ, *асс. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ,*

А.А. НИКИТИН, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук,*

С.П. ТРИШИН, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук*

anikitin@mgul.ac.ru; trishin@mgul.ac.ru

Совершенствование облицовочных материалов на основе бумаг для ламинирования древесных плит сопровождается расширением ассортимента применяемых декоративных бумаг-основ, пропиточных смол и компонентов пропиточных растворов.

В настоящее время для изготовления ламинатов широко используются декоративные бумаги с массой до 90 г на 1 м² и толщиной до 100 мкм. Недостаточную укрывистость этих бумаг компенсируют увеличением плотности и повышением содержания в бумажном полотне минерального наполнителя (до 40 %). Современные декоративные бумаги отличает повышенная гладкость лицевой поверхности, что обеспечивает высокое качество печати декоративного рисунка. Отмеченные особенности декоративных бумаг во многом определяют технологию их переработки, особенно на стадии пропитки. Для проведения исследований были выбраны наиболее проблемные декоративные бумаги, использование которых затруднено из-за их низкой впитывающей способности. Широкому применению этих бумаг в производственных условиях мешает, кроме технических (необеспеченность оборудованием нужного вида), ряд причин технологического характера.

Цель данной работы заключается в оценке возможностей по улучшению качества пропитки и в изучении влияния специальных видов технологических добавок на процесс пропитки и качество получаемых покрытий.

В качестве объектов исследования использовали пропиточные составы, полученные на основе аминокформальдегидных смол промышленного производства ПКФ, АФБ-П, МПР и на основе разработанной на кафедре смолы марки АП (табл. 1).

Одним из способов, позволяющих влиять на показатель поверхностного впитывания, который характеризует способность бумаги поглощать пропиточный состав, является изменение температуры пропитки и использование в составе пропиточного раствора поверхностно-активных веществ (ПАВ). В табл. 2 представлены результаты сравнительной оценки влияния содержания ПАВ и температуры пропитки на поверхностное натяжение пропиточных растворов, скорость пропитки и содержание смолы в пленке после пенетрационной (односторонней) пропитки.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

– наиболее существенно на динамику пропитки влияют характеристики пропиточ-

Свойства пропиточных смол

Название смол	АФБ-П	ПКФ	МПР	АП	АФБ-П 50:50 ПКФ	АФБ-П 20:80 ПКФ	МПР 30:70 ПКФ	АП 30:70 ПКФ
Свойства смол								
Смешиваемость с водой	1:2	1:1	1:1,5	1:2	1:1,5	1:1,2	1:1	1:1,5
Вязкость по ВЗ-4, с	14	15	20	14,3	15	14,8	19	16
Время пенетрации: сетка/ пластъ, с	1,1/2,1	1,0/2,4	5/15,3	1/2	1/2,1	1/2,2	1,7/ 3,3	1/2,5
Поверхностное натяжение, мДж/м ²	51,2	45,46	57,35	57,31	62,33	62,7	66	60,59
Капиллярная впитываемость, мм	6	2,9	4,8	5,5	5,5	2,6	3,5	5,0
Время желатинизации при 100 °С, мин	50	116	57	46,5	61	82	63	67
pH	7,9	7,67		7,58	7,7	7,8	7,6	7,6

Т а б л и ц а 2

Влияние ПАВ на поверхностное натяжение пропиточных смол и скорость пропитки

Вид смолы	ПАВ, м.ч.	Поверхностное натяжение, мДж/м ²		Время пенетрации, с		Содержание смолы в пленке, %	
		20°С	40°С	20°С	40°С	20°С	40°С
АП (η = 14 с по ВЗ-4) Концентрация – 42 %	ОП-7 0	49,2	45,5	4,2	3,6	56,2	56,1
	0,05	34,1	32,4	3,2	3,0	56,5	–
	0,12	33,4	32,4	2,4	1,9	57,9	–
	0,20	33,3	32,4	1,8	1,6	58,3	58,2
АП (η = 14 с по ВЗ-4) Концентрация – 42 %	Melpan A 0,1	45,7	42,3	3,6	2,4	56,0	55,8
	0,4	42,4	37,5	2,0	1,8	56,7	–
	3,0	33,0	32,0	1,6	1,6	58,1	58,0
ПКФ (η = 15 с по ВЗ-4) Концентрация – 46 %	ОП-7 0	45,5	40,1	2,4	2,0	53,2	53,0
	0,05	35,5	30,3	1,8	1,4	54,7	–
	0,12	35,3	30,3	1,8	1,4	55,5	–
	0,20	34,7	30,1	1,6	1,4	55,9	56
ПКФ (η = 15 с по ВЗ-4) Концентрация – 46 %	Melpan A 0,1	43,9	39,2	2,2	2,0	54,8	54,8
	0,4	34,8	30,3	1,6	1,4	–	–
	1,0	33,6	30,2	1,6	1,4	56,1	56,2
АФБП (η = 14 с по ВЗ-4) Концентрация – 54 %	ОП-7 0	51,3	46,4	4,0	3,4	56,3	56,2
	0,05	34,5	32,6	1,6	1,4	–	–
	0,20	34,3	32,5	1,6	1,4	58,1	58,0
АФБП (η = 14 с по ВЗ-4) Концентрация – 54 %	Melpan A 0,2	45,9	39,7	2,2	1,8	56,2	56,1
	0,7	39,6	35,1	1,8	1,6	–	–
	2,0	33,6	31,6	1,6	1,4	58,3	58,3
СПМФ (η = 20 с по ВЗ-4)	ОП-7 0	57,4	51,2	5,0	4,2	52,0	52,0
	0,20	39,1	34,8	3,6	2,0	54,3	54,2
СПМФ (η = 20 с по ВЗ-4)	Melpan A 0,5	52,5	50,1	4,2	4,0	53,3	53,1
	2,5	42,3	39,4	3,8	3,6	54,5	54,4

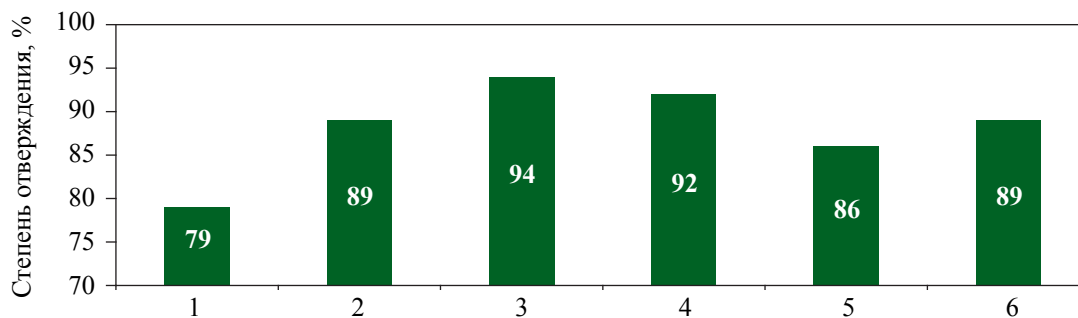


Рис. 1. Степень отверждения пропиточных смол: 1 – ПКФ; 2 – АФБ-П; 3 – МПР; 4 – АП; 5 – АФБ-П (20 м.ч.)+ПКФ (80 м.ч.); 6 – АФБ-П (50 м.ч.)+ПКФ (50 м.ч.). Отвердитель – NH_4Cl ; время отверждения при $100\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{жсл}} = 6$ мин; температура отверждения композиции $T_{\text{отв}} = 180\text{ }^\circ\text{C}$; время отверждения композиции $\tau_{\text{отв}} = 1,5$ мин

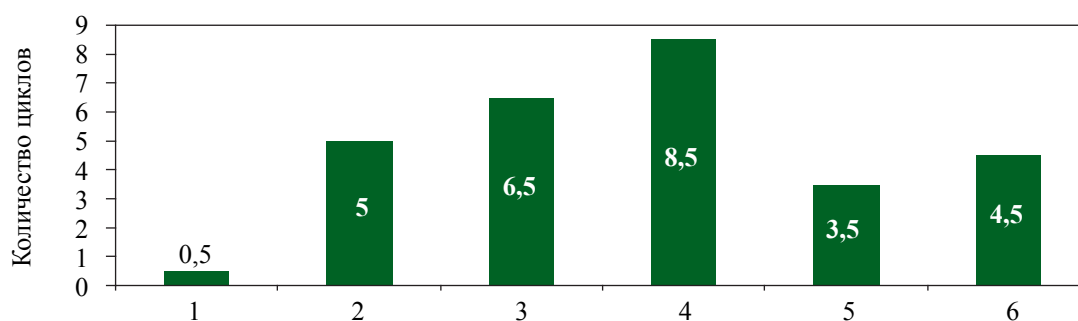


Рис. 2. Стойкость покрытий к циклическим температурно-влажностным воздействиям: 1 – ПКФ; 2 – АФБ-П; 3 – МПР; 4 – АП; 5 – АФБ-П (20 м.ч.)+ПКФ (80 м.ч.); 6 – АФБ-П (50 м.ч.)+ПКФ (50 м.ч.). Отвердитель – NH_4Cl ; при $100\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{жсл}} = 6$ мин; $T_{\text{отв}} = 180\text{ }^\circ\text{C}$; $\tau_{\text{отв}} = 1,5$ мин

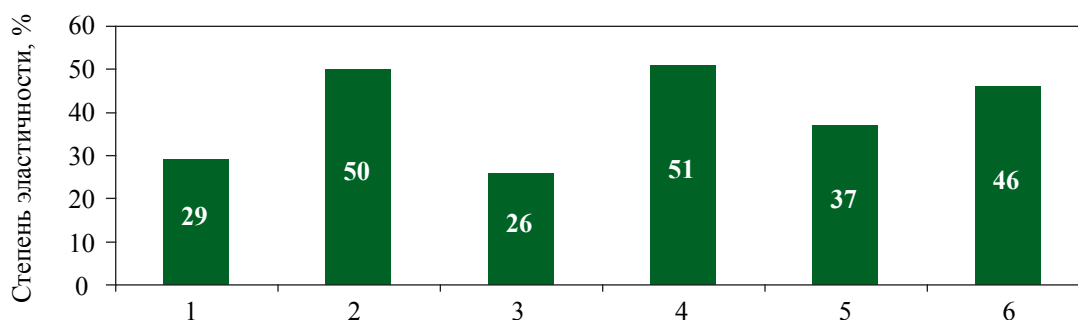


Рис. 3. Степень эластичности отвержденных пропиточных смол: 1 – ПКФ; 2 – АФБ-П; 3 – МПР; 4 – АП; 5 – АФБ-П (20 м.ч.)+ПКФ (80 м.ч.); 6 – АФБ-П (50 м.ч.)+ПКФ (50 м.ч.). Отвердитель – NH_4Cl ; при $100\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{жсл}} = 6$ мин; $T_{\text{отв}} = 60\text{ }^\circ\text{C}$; $\tau_{\text{отв}} = 6$ часов

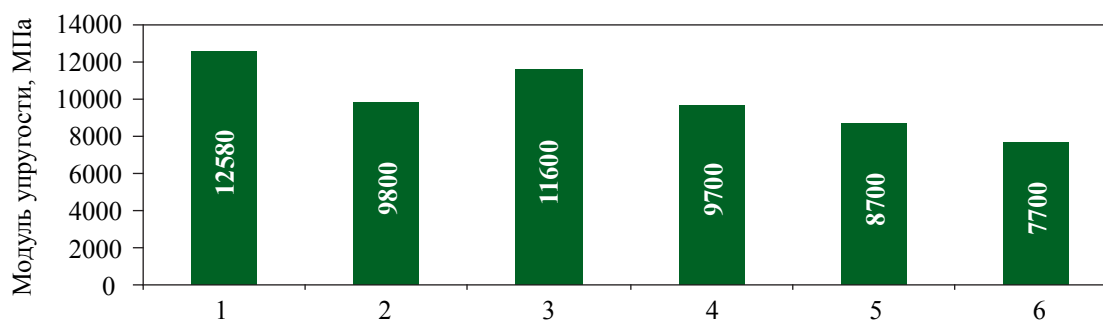


Рис. 4. Модуль упругости отвержденных пропиточных смол: 1 – ПКФ; 2 – АФБ-П; 3 – МПР; 4 – АП; 5 – АФБ-П (20 м.ч.)+ПКФ (80 м.ч.); 6 – АФБ-П (50 м.ч.)+ПКФ (50 м.ч.). Отвердитель – NH_4Cl ; при $100\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{жсл}} = 6$ мин; $T_{\text{отв}} = 60\text{ }^\circ\text{C}$; $\tau_{\text{отв}} = 6$ часов

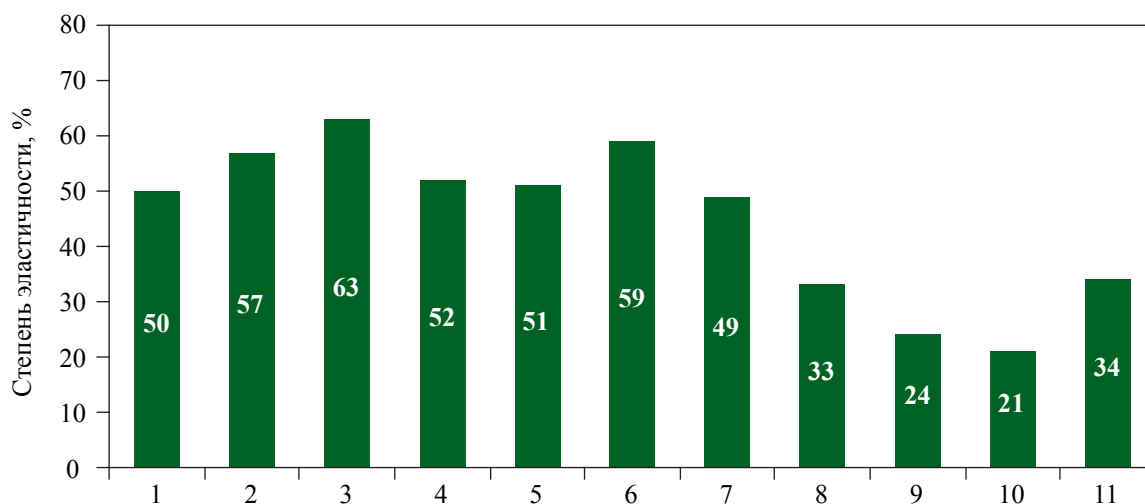


Рис. 5. Зависимость степени эластичности отвержденных пропиточных смол от вида катализатора: 1. – АФБ-П (NH_4Cl); 2. – АФБ-П (мур. к-та); 3. – АФБ-П (п-ТСК); 4. – АФБ-П (Melpan 486); 5. – АП (NH_4Cl); 6. – АП (мур. к-та); 7. – АП (Melpan 486); 8. – ПКФ (мур. к-та); 9. – ПКФ (Melpan Н-310); 10. – МПР (Melpan 486); 11. – МПР (п-ТСК)

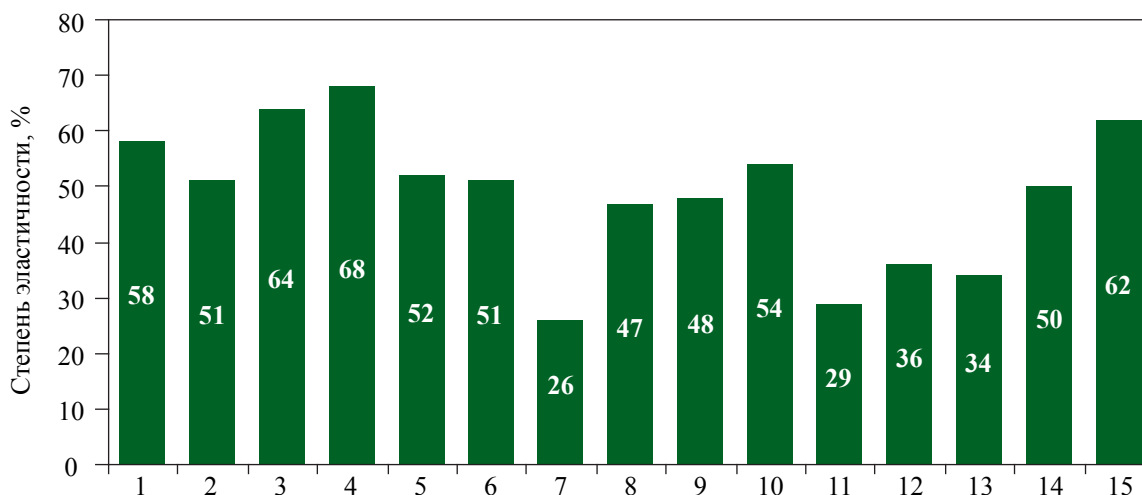


Рис. 6. Зависимость степени эластичности отвержденных пропиточных смол от вида и количества пластификатора: 1. – АП (Melpan ТМ, 0,5 м.ч.); 2. – АП (Melpan А, 0,5 м.ч.); 3. – АП (Melpan А, 3 м.ч.); 4. – АП (ПВС, 2 м.ч.); 5. – АП (Глицерин, 0,5 м.ч.); 6. – АП; 7. – МПР; 8. – МПР (Melpan А, 3 м.ч.); 9. – МПР (ПВС, 2 м.ч.); 10. – МПР (АКК, 0,5 м.ч.); 11. – ПКФ; 12. – ПКФ (Melpan А, 3 м.ч.); 13. – ПКФ (АКК, 0,5 м.ч.); 14. – АФБ-П; 15. – АФБ-П (Melpan А, 3 м.ч.). Отвердитель – NH_4Cl при $100\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{отв}} = 6$ мин; $T_{\text{отв}} = 60\text{ }^\circ\text{C}$; $\tau_{\text{отв}} = 6$ часов

ных смол, такие как вязкость, концентрация, средний размер молекул олигомера. Увеличение вязкости пропиточных смол с 14 до 20 по ВЗ-4 приводит к увеличению времени пропитки в 2 раза;

– температура пропитки в заданном диапазоне ($20\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$) практически не влияет на динамику процесса;

– использование ПАВ позволяет повысить скорость пропитки в 1,5–2 раза и увеличить содержание смолы в пленке в среднем на 2 %.

Одним из наиболее эффективных ПАВ, по нашему мнению, является ОП-7, так как его использование в количестве до 0,2 м.ч. позволяет существенно повысить скорость пропитки. Аналогичные результаты могут быть получены при использовании импортного ПАВ (Melpan А) при расходе 3 м.ч., а использование добавки Melpan NU861 в количестве, рекомендованном фирмой-изготовителем, несмотря на наблюдаемое снижение поверхностного натяжения, не позволяет увеличить скорость пропитки более чем на 20 %.

Необходимо отметить, что пропитка высоконаполненных декоративных бумаг должна проводиться растворами с вязкостью не более 15 с по ВЗ-4 и концентрацией не выше 45 %, при этом желателно использовать пропиточные растворы, содержащие ПАВ в оптимальных количествах.

Однако целый ряд вопросов, связанных с технологией получения пленочных материалов на основе высококачественных декоративных бумаг, требует дополнительного изучения.

Полученные результаты не позволяют сделать окончательного заключения о пригодности конкретной пропиточной смолы или рецептуры для получения покрытия в процессе ламинирования по интенсифицированным режимам.

Качество получаемых покрытий можно оценить, используя следующие критерии: степень отверждения пропиточных композиций, устойчивость к циклическим температурно-влажностным воздействиям и с помощью деформационных характеристик, таких как модуль упругости и степень эластичности.

Выбор этих критериев оценки обусловлен тем, что ранее проведенными на кафедре исследованиями было установлено следующее: для достижения необходимого уровня износостойкости получаемого покрытия значение модуля упругости отвержденной пропиточной смолы должно быть не менее 7000 МПа; при этом степень эластичности смолы должна быть не ниже 40 %, что в совокупности с высокой степенью отверждения является гарантией длительной работоспособности покрытия в условиях эксплуатации.

Результаты, полученные при определении выбранных критериев оценки, представлены на рис. 1–4.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- карбамидоформальдегидная пропиточная смола (ПКФ) не обеспечивает устойчивости покрытий к температурно-влажностным воздействиям и характеризуется низкой степенью отверждения при высокой жесткости;
- меламинаформальдегидная смола (МПР) в отвержденном состоянии характеризуется высокой степенью отверждения при

высокой жесткости, что в результате приводит к относительно невысокой устойчивости к циклическим температурно-влажностным воздействиям;

- лучшие результаты получены для смолы марки АП.

Повлиять на деформационные и прочностные характеристики пропиточных смол в отвержденном состоянии можно за счет состава пропиточной композиции, катализаторов и пластификаторов, позволяющих снизить жесткость отвержденных олигомеров.

Оценку влияния катализаторов и пластификаторов проводили с использованием деформационной характеристики отвержденных композиций – степени эластичности. Результаты представлены на рис. 5, 6.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- для получения покрытий с высокой работоспособностью в составе пропиточной композиции необходимо использовать пластификаторы типа аминокaproновой кислоты и водорастворимого поливинилового спирта;
- в качестве катализатора отверждения желателно использовать органические кислоты, которые позволяют повысить эластичность отвержденных олигомеров в среднем на 13 – 15 %;
- использование пластифицирующих добавок импортного производства Melpan А и Melpan ТМ и катализаторов Melpan 486 не позволяет существенно улучшить деформационные характеристики отвержденных пропиточных смол.

Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность получения пленочных покрытий на основе высоконаполненных декоративных бумаг с высокими эксплуатационными характеристиками.

Библиографический список

1. Коростылев, П.П. Лабораторная техника химического анализа / П.П. Коростылев. – М.: Химия, 1981. – 312 с.
2. Цветков, В.Е. Технология и применение полимеров в деревообработке: лабораторный практикум для студентов / В.Е. Цветков, А.Ю. Комаров, С.А. Рыженкова. – М.: МГУЛ, 2000. – 48 с.

3. Пижурин, А.А. Научные исследования в деревообработке. Основы научных исследований: Учебное пособие к выполнению лабораторных работ для студентов спец. 260200 и 170400 / А.А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2002. – 167 с.
4. Пижурин, А.А. Научные исследования в деревообработке. / Научно-методическое пособие для студентов / А.А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2003. – 75 с.
5. Состояние и перспективы развития производства древесных плит. / Международный практический семинар: Тезисы докладов. – Балабаново: ВНИ-ИДрев, 2004. – 98 с.
6. Доронин, Ю.Г. Синтетические смолы в деревообработке / Ю.Г. Доронин, М.М. Свиткина, С.Н. Мирошниченко. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 208 с.
7. Тупицын, Ю.С. Процессы и оборудование для отделки древесных плитных материалов / Ю.С. Тупицын, С.Н. Мирошниченко, М.М. Ноткин. – 1983.
8. Плоткои, Л.Г. Технология и оборудование пропитки бумаги полимерами / Л.Г. Плоткои. – 1985.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОРОТКОТАКТНОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ

Д.В. КРУГЛОВ, *асс. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ*,
 А.А. НИКИТИН, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук*,
 С.П. ТРИШИН, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук*

anikitin@mgul.ac.ru; trishin@mgul.ac.ru

Ламинарованные древесно-стружечные плиты (ЛДСП) – основа мебельного производства в России, поэтому технологии облицовывания уделялось и уделяется достаточно большое внимание. Помимо ЛДСП все большее применение находят ламинированные древесно-волоконистые плиты MDF и HDF. Вследствие этого в последнее десятилетие наблюдается устойчивая тенденция роста объемов производства облицованных плит.

Потребители предъявляют все более жесткие требования к внешнему виду готового продукта, срокам его службы, физико-механическим показателям. Однако даже при

самых современных видах оборудования и прогрессивной технологии невозможно получить высококачественные ламинированные плиты, если исходные материалы не отвечают необходимым требованиям производства. Многочисленные исследования и практика облицовывания древесных плитных материалов показали, что большое влияние на качество готовых ламинированных плит оказывает формоустойчивость плиты-подложки в процессе ламинирования современными скоростными методами, а также ее качественные характеристики.

Сравнительная характеристика плит проводилась в виде экспертной оцен-

Т а б л и ц а 1

Экспертная оценка характеристик древесных плит

Характеристики	ОЦЕНКА (баллы)		
	MDF	ДСП	HDF
Прочность на изгиб	2	1	3
Модуль упругости	1	1	2
Наружное применение	1	1	2
Стабильность размеров	2	1	3
Вес	2	3	2
Крепление гвоздями	2	4	3
Обработка	3	4	3
Дефекты	5	5	5
Облицовка	5	2	5
Окраска	5	4	5
БАЛЛЫ	28	26	33

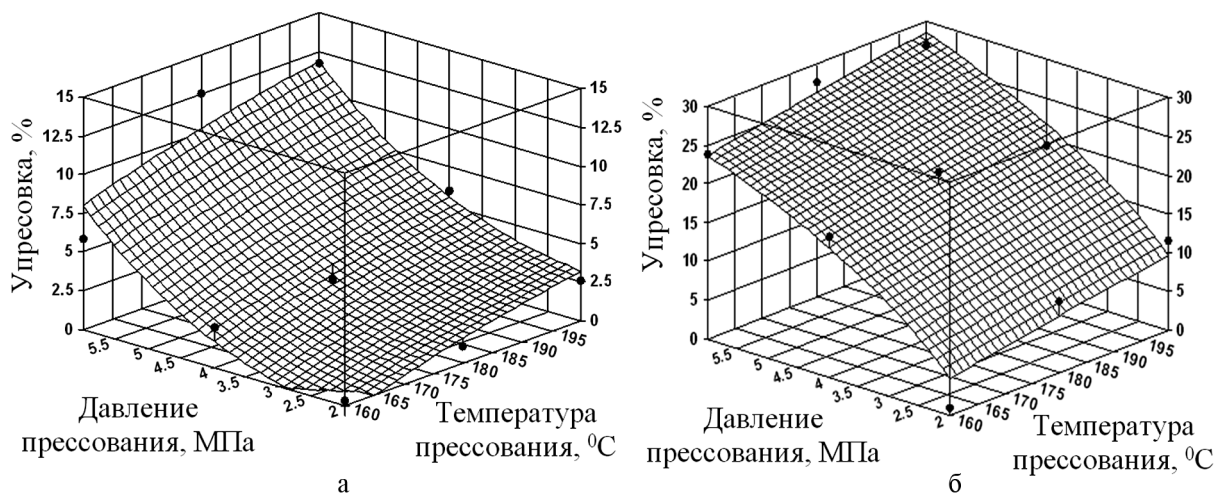


Рис. 1. Зависимость упрессовки в ходе ламинирования: а – короткоконтактным способом от температуры и давления; б – классическим способом от температуры и давления

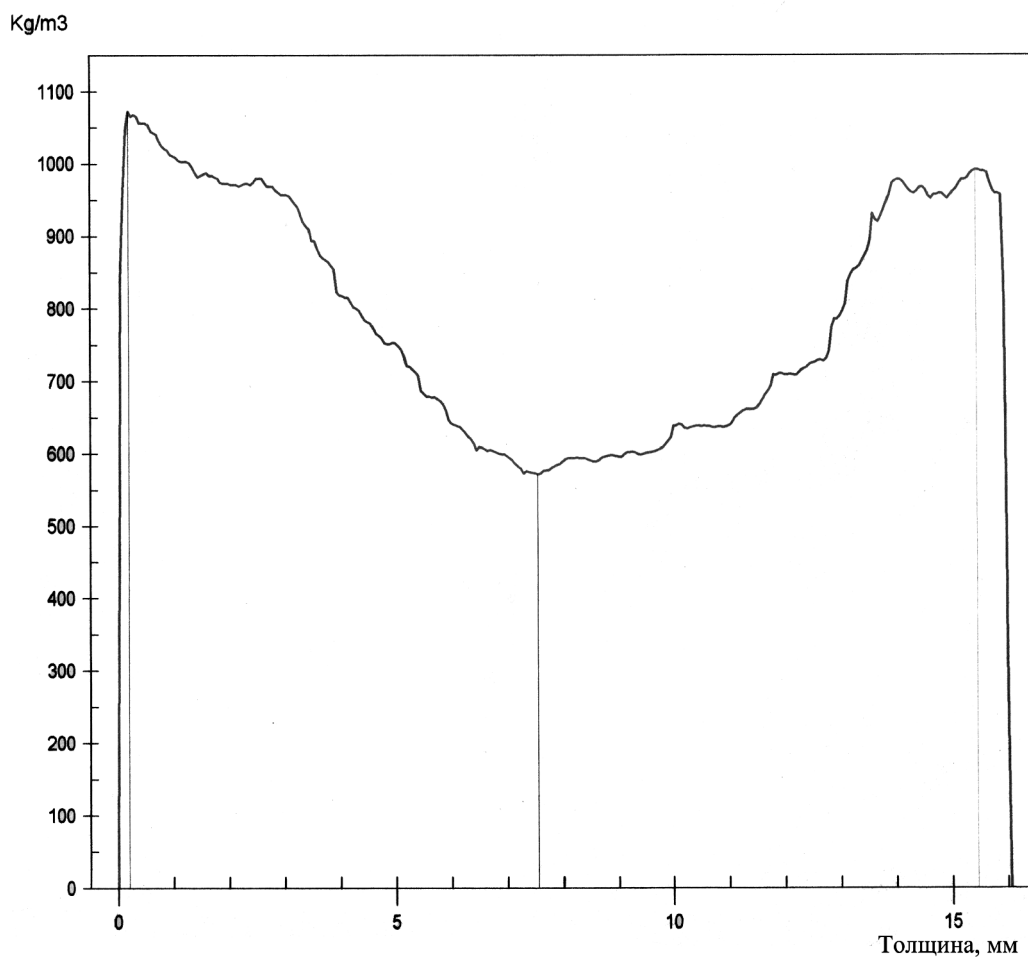


Рис. 2. Профиль плотности ДСтП производства ПК «Электрогорскмебель»: $\rho_{\max} = 1073 \text{ кг/м}^3$ – первая плоть; $\rho_{\max} = 992 \text{ кг/м}^3$ – вторая плоть; $\rho_{\min} = 572 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{сред.}} = 787 \text{ кг/м}^3$

ки. Результаты оценки приведены в табл. 1. Представленные данные не позволяют дать количественную оценку показателей, подтверждающих пригодность плитных материалов в качестве основы для облицо-

вывания методом короткоконтактного ламинирования.

В ходе работы проводилась оценка формоустойчивости плит при изменяющемся давлении прессования ($P_1 = 2$, $P_2 = 4$,

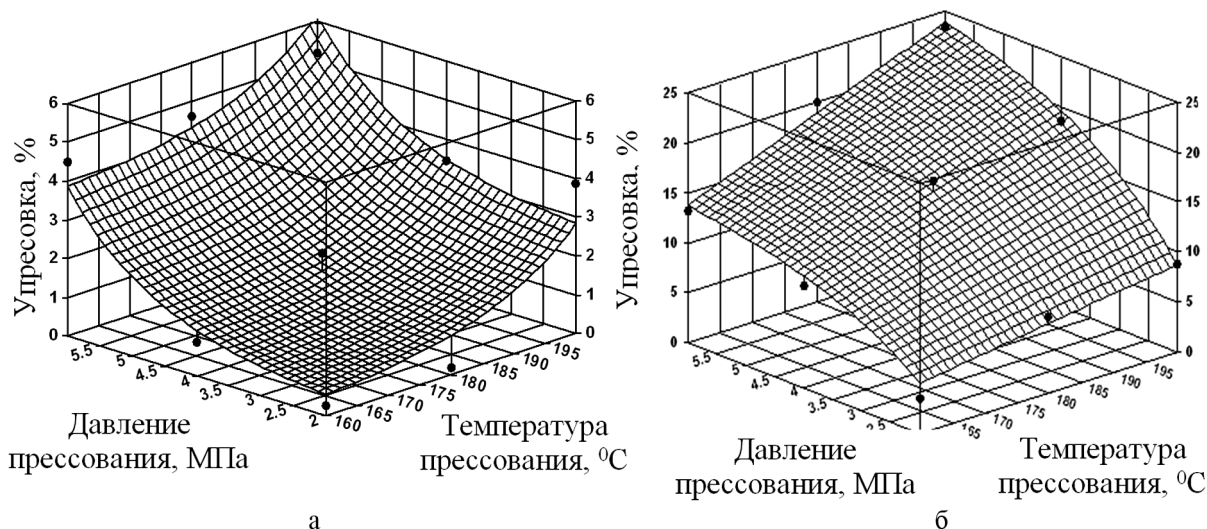


Рис. 3. Зависимость упрессовки в ходе ламинирования: а – короткокатковым способом от температуры и давления; б – классическим способом от температуры и давления

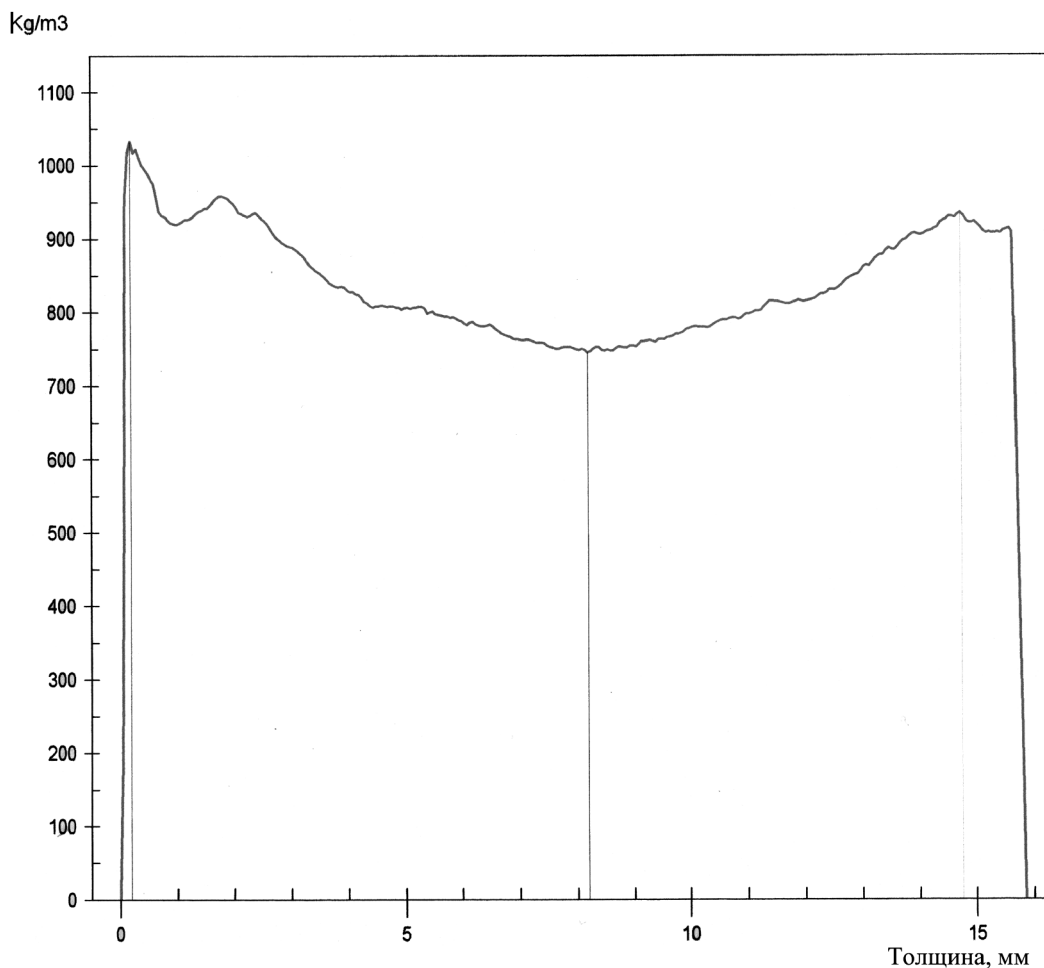


Рис. 4. Профиль плотности ДСтП производство ООО «Лесплитинвест»: $\rho_{\text{max}} = 1034 \text{ кг/м}^3$ – первая плость; $\rho_{\text{max}} = 936 \text{ кг/м}^3$ – вторая плость; $\rho_{\text{min}} = 746 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{сред.}} = 838 \text{ кг/м}^3$

$P_3 = 6 \text{ МПа}$), температуре прессования от 160 до 200 °С, времени прессования $\tau = 50 \text{ с.}, \tau = 240 \text{ с}$. Время и температура прессования соответствует короткокатковому и классическому режимам облицовывания. Промежуточные данные показаны в таблицах.

Одновременно измеряли профиль плотности на приборе фирмы IMAL.

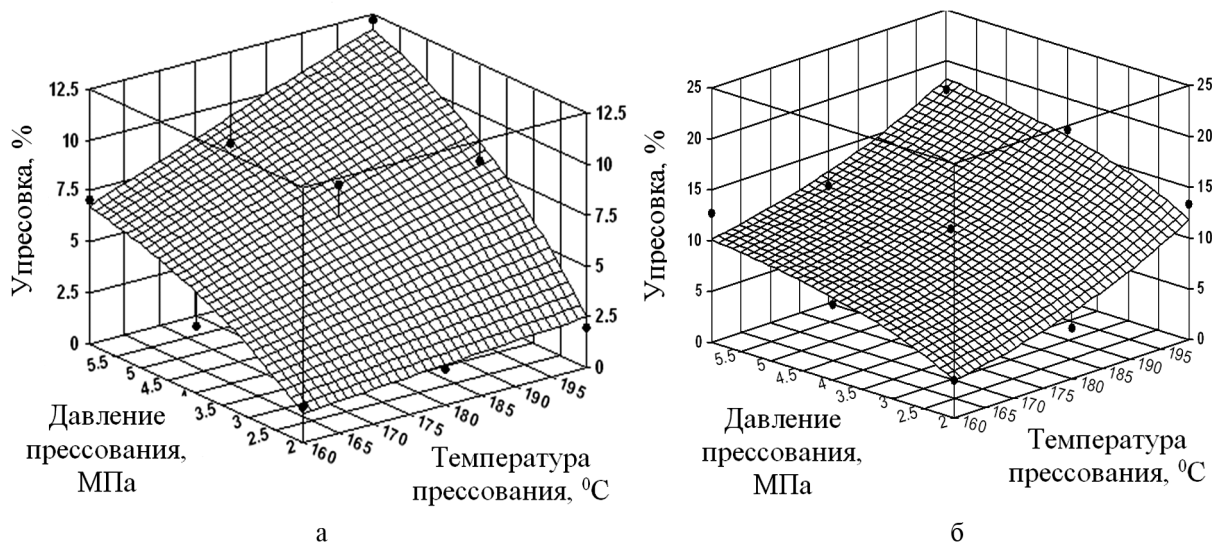


Рис. 5. Зависимость упрессовки в ходе ламинирования: а – короткокатктым способом от температуры и давления; б – классическим способом от температуры и давления

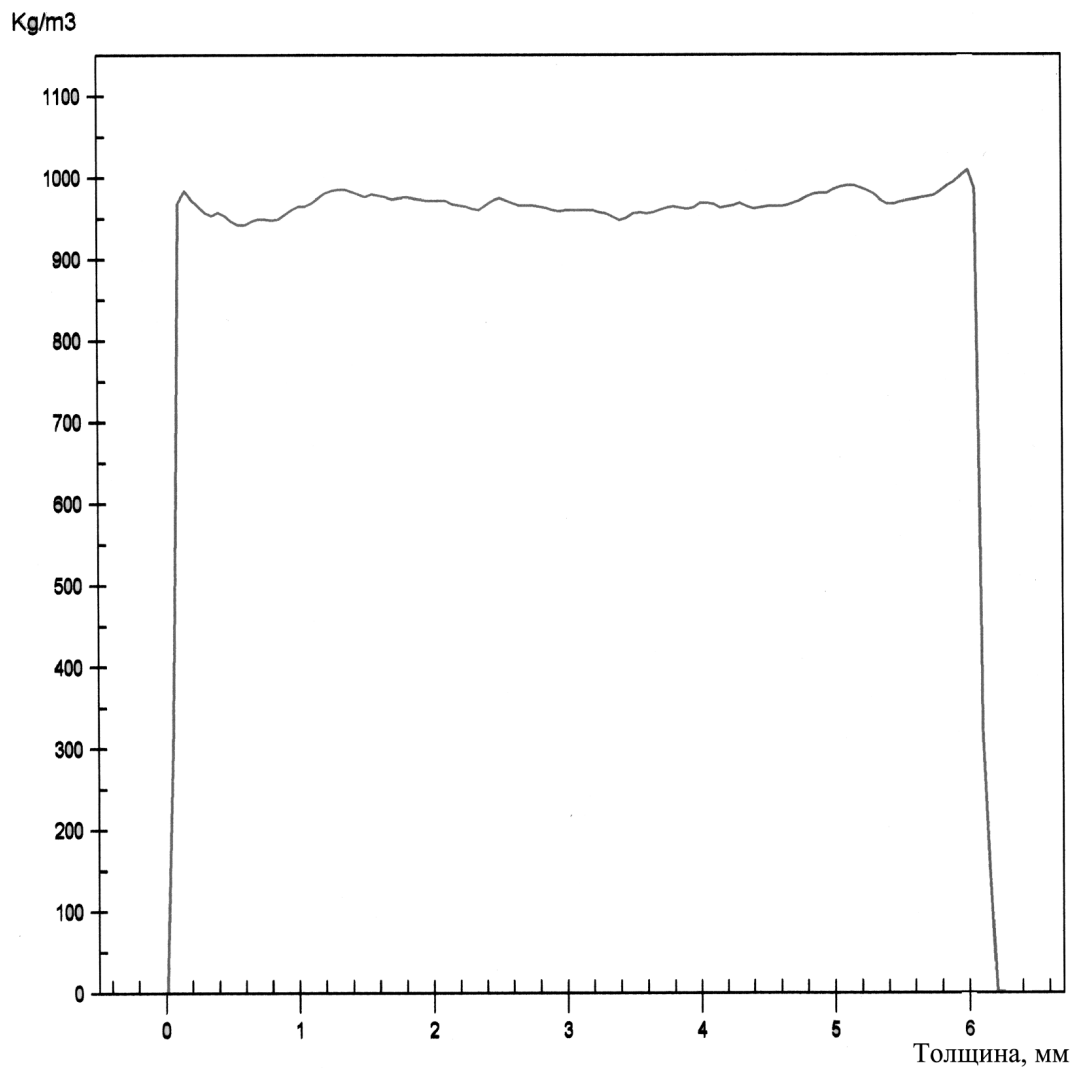


Рис. 6. Профиль плотности ДВП(HDF), производство «Жешартский фанерный комбинат»: $\rho_{\max} = 984 \text{ кг/м}^3$ – первая пластъ; $\rho_{\max} = 1008 \text{ кг/м}^3$ – вторая пластъ; $\rho_{\min} = 946 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{сред.}} = 955 \text{ кг/м}^3$

Оценка формоустойчивости ДСтП

Были исследованы ДСтП: ПК «Электрогорскмебель»; «Шекснинский комбинат древесных плит»; ЗАО «Монзенский ДОК». Толщина плит – 16 мм.

Результаты оценки степени упрессовки (в процентах) при короткотактном режиме ламинирования ДСтП производства ПК «Электрогорскмебель» представлены в табл. 2 и на рис. 1 а, а при классическом режиме – в табл. 3 и на рис. 1 б.

На рис. 2 представлен профиль плотности ДСтП.

Т а б л и ц а 2

τ = 50с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	0.31	2.55	5.86
	180	1.05	2.93	12.52
	200	2.62	5.93	11.73

Т а б л и ц а 3

τ = 240с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	6,84	18,11	23,77
	180	9,14	21,02	27,61
	200	11,53	18,95	26,93

Рост давления и температуры приводит к увеличению упрессовки в ходе облицовывания. Давление прессования при облицовывании 3 МПа и менее при температуре, не превышающей 185°С, позволяет обеспечить допустимый уровень упрессовки (не более 2,5 %).

Существенное влияние на свойства облицованных плит оказывает распределение плотности в плите-основе, особенно на сомкнутость получаемой поверхности и формоустойчивость облицованной плиты (покоробленность).

Параллельно изучались плиты «Шекснинского комбината древесных плит» и ЗАО «Монзенский ДОК» ДСтП. Полученные выводы подтверждены.

Оценка формоустойчивости ДВП (MDF)

Были исследованы ДВП (MDF): ООО «Лесплитинвест»; Испания «Finsa»; «Же-

шартский фанерный комбинат». Толщина плит – 16 мм.

Результаты оценки степени упрессовки (в процентах) при короткотактном режиме ламинирования ДВП(MDF) производства ООО «Лесплитинвест» показаны в табл. 4 и на рис. 3 а, а при классическом режиме – в табл. 5 и на рис. 3 б.

На рис. 4 представлен профиль плотности ДВП(MDF).

Т а б л и ц а 4

τ = 50с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	0,25	0,88	4,5
	180	0,19	2,1	4,62
	200	3,86	3,43	5,38

Т а б л и ц а 5

τ = 240с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	3,48	10,25	13
	180	7,56	16,71	20
	200	8,81	18,52	23

Рост давления и температуры приводит к увеличению упрессовки в ходе облицовывания. Плотность плиты выше, чем у ДСтП, прогревание плиты происходит быстрее. Давление прессования при облицовывании 2,5 МПа и менее при температуре, не превышающей 180°С, позволяет обеспечить допустимый уровень упрессовки (не более 2,5 %).

Существенное влияние на свойства облицованных плит оказывает распределение плотности в плите-основе, особенно на сомкнутость получаемой поверхности и формоустойчивость облицованной плиты (покоробленность).

Параллельно изучались плиты: Испания «Finsa» MDF и «Жешартский фанерный комбинат». Выводы подтвердились.

Оценка формоустойчивости ДВП (HDF)

Были исследованы ДВП (HDF): Испания «Finsa»; «Жешартский фанерный комбинат». Толщина плит – 6 мм.

Результаты оценки степени упрессовки (в процентах) при короткотактном режи-

ме ламинирования ДВП(HDF) производства «Жешартский фанерный комбинат» представлены в табл. 6 и на рис. 5 а, а при классическом режиме – в табл. 7 и на рис. 5 б.

На рис. 6 представлен профиль плотности ДВП(HDF).

Т а б л и ц а 6

τ = 50с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	1,79	3,28	7,03
	180	1,8	8,37	8
	200	1,97	7,74	12,21

Т а б л и ц а 7

τ = 240с	P			
	T	P ₁	P ₂	P ₃
	160	3,77	7,42	12,64
	180	4,93	11	11,53
	200	13,27	16,97	17,13

Плиты HDF имеют плотность большую, чем плиты ДСтП и MDF, прогревание плиты происходит еще быстрее, чем в случае этих двух видов плит, поэтому допустимое давление не менее 2,2 МПа при температуре не более 165°С обеспечивает допустимый уровень упрессовки (не более 2,5 %).

При этом наблюдается относительно ровный и симметричный профиль плотности, значения покоробленности минимальны и практически не влияют на степень уплотнения после ламинирования.

Испытания были повторены на плитах производителей:

Испания «Finsa» HDF 6 мм. Выводы подтвердились.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

– для современных плит-основ должны быть ужесточены требования к равномерности распределения плотности по толщине

плиты, что гарантирует низкую покоробленность облицованных плитных материалов;

– для обеспечения высокого качества (сомкнутости) лицевой поверхности облицованных плит необходимым условием при применении современных тонких облицовочных материалов является высокая плотность лицевой поверхности плит-основ. Плотность плит при этом должна быть не менее 900 кг/м³;

– для снижения разнотолщинности облицованных плит необходимо для каждого вида плиты, а желательно для каждого вида товарной плиты-основы, оценивать допустимый уровень температурного воздействия и величину давления при облицовывании.

Библиографический список

1. Трухтенкова, Н.Е. Бумага для производства декоративных облицовочных материалов / Н.Е. Трухтенкова, 1990.
2. Тупицын, Ю.С. Процессы и оборудование для отделки древесных плитных материалов / Ю.С. Тупицын, С.Н. Мирошниченко, М.М. Ноткин, 1983.
3. Плоткои, Л.Г. Технология и оборудование пропитки бумаги полимерами / Л.Г. Плоткои, 1985.
4. Пижурин, А.А. Научные исследования в деревообработке. Основы научных исследований: учебное пособие к выполнению лабораторных работ для студентов спец. 260200 и 170400 / А.А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2002. – 167 с.
5. Цветков, В.Е. Технология и применение полимеров в деревообработке. / Лабораторный практикум для студентов / В.Е. Цветков, А.Ю. Комаров, С.А. Рыженкова. – М.: МГУЛ, 2000. – 48 с.
6. Тришин, С.П. Технология древесных плит: лабораторный практикум для студентов / С.П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2001. – 96 с.
7. ГОСТ 10632-89 Плиты древесно-стружечные. Технические условия.
8. ГОСТ 10633-78 Плиты древесно-стружечные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний.
9. ГОСТ 10634-78 Плиты древесно-стружечные. Методы определения физических свойств.

ПРОБЛЕМА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АСТЕРОИДНОЙ ОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
 В.А. ЕСАКОВ, *проф. каф. систем автоматического управления МГУЛ, канд. техн. наук,*
 Г.Э. КУФАЛЬ, *доц. МГУЛ, канд. техн. наук,*
 Ю.С. КАПРАНОВ, *начальник отдела волоконно-оптических систем НТК СПП,*
 С.В. ПЕРМИНОВ, *соискатель каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
 Н.А. ХАРИТОНОВ, *с. н. с. МГУЛ, канд. техн. наук*

burkov@mgu.ac.ru; av60017@comtv.ru

Общее число потенциально опасных астероидов. Вероятность и частота столкновений с землей

Наряду с прочими проблемами выживания человечества в современную эпоху в последние годы серьезно заявила о себе проблема астероидно-кометной опасности. Накопление и осмысление новых наблюдательных данных и теоретических оценок о малых телах Солнечной системы, обнаружение все большего числа следов космических катастроф на земной поверхности, новые факты о катастрофических столкновениях в Солнечной системе – все это произвело существенный сдвиг в восприятии научными кругами и общественностью той реальной опасности, которую представляют собой столкновения космических тел с Землей. Возрастает понимание того, что падения космических тел на Землю играли очень важную роль в развитии жизни на Земле в прошлом и могут оказать решающее влияние на нее в будущем.

Начиная с 80-х годов прошлого века, усилился интерес к изучению астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ). Такие вопросы, как происхождение АСЗ, механизмы эволюции их орбит, время жизни, связь с другими телами Солнечной системы и пр., очень важны для решения проблемы происхождения и эволюции Солнечной системы.

С другой стороны, изучение малых небесных тел Солнечной системы приобретает чисто прикладное значение. АСЗ все больше рассматриваются как потенциальные источники разнообразного минерального сырья (Fe, Ni, Mg, Al, Si, H₂O, N, C, O₂ и др.) в околозем-

ном космическом пространстве [1]. Значительная часть АСЗ содержит летучие вещества (водород, азот, метан, углекислый газ) в концентрациях в сотни раз более высоких, чем лунный грунт. Есть проекты разработки АСЗ с целью использования их в качестве «полезных ископаемых» для осуществления космической инженерной деятельности. Возможно, первые работы по непосредственной разработке минеральных ресурсов космических тел (в первую очередь АСЗ) начнутся уже в первой половине XXI века. И, наконец, основным фактором, вызвавшим повышенный интерес к изучению АСЗ, можно считать т.н. «проблему астероидной опасности». Эта опасность существует на протяжении всей истории человечества, однако осознание ее реальности происходит только в настоящее время.

Число астероидов, сближающихся с Землей, может быть аппроксимировано степенным законом, который отражает общее возрастание числа астероидов с уменьшением их размера [2]

$$N = kD \exp(-b), \quad (1)$$

где N – число астероидов с диаметром больше D ;

k – константа распределения;

b – показатель степени, зависящий от диапазона размеров АСЗ (находится в пределах 2,0–4,3).

На рис. 1 приведены оценки общего числа астероидов, пересекающих орбиту Земли, в зависимости от их размеров, полученные Е. Боуэллом [2]. Согласно этим данным, существует свыше 2000 астероидов более 1 км в диаметре, которые пересекают орбиту Земли, и около 300 тысяч АСЗ, диаметры которых превышают 100 м. Столкно-

Диаметр, км (более, чем)	Доля АПЗ, %
6–12	100
3–6	35
2–4	15
1–2	7
0,1–0,2	0,2

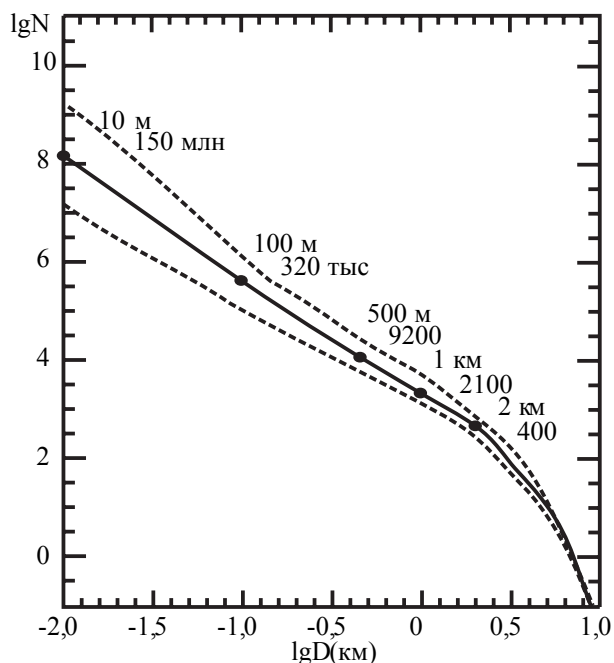


Рис. 1. Общее число АЗ с диаметрами, большими заданного значения (оценки Э. Боуэлла, США)

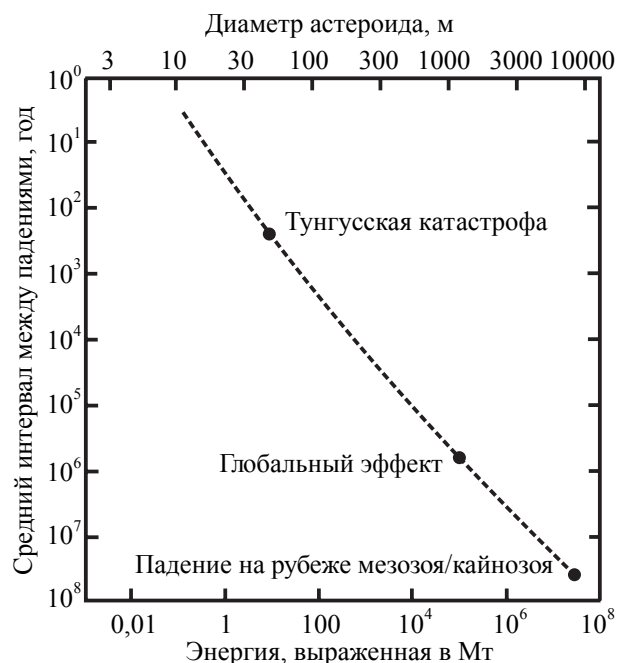


Рис. 2. Частота столкновений в зависимости от диаметра АЗ и энергии столкновения

вение с Землей каждого из них – это реальная опасность для человечества.

Ниже представлены данные о доле обнаруженных к настоящему времени астероидов, пересекающих орбиту Земли (АПЗ), в процентах по отношению к оценкам общего их числа и в зависимости от их диаметров.

Таким образом, к настоящему времени обнаружены все объекты крупнее 6 км среди так называемых среднеальбедных (т.е. светлых) астероидов и крупнее 12 км среди так называемых низкоальбедных (темных) АПЗ. В то же время нам известны орбиты лишь около 7 % АПЗ диаметром большее 1 км и намного меньше (примерно 0,2 %) орбит астероидов диаметром более 100 м, даже наименьшие из которых способны вызвать региональные катастрофы. Именно в этом и состоит суть проблемы «Астероидная опасность».

Вероятность столкновения любого из этих астероидов с Землей пренебрежимо

мала. Однако в силу большого их числа частота столкновений достигает конечной величины (рис. 2).

Это примерно одно столкновение за миллион лет для астероидов диаметром 1 – 2 км и одно – за сто лет для астероидов, имеющих диаметры порядка 30 м. Частота столкновения с телами, подобным Тунгусскому феномену (около 60 метров в диаметре), составляет 1/300, т.е. одно столкновение за триста лет. На рис. 3 по оси абсцисс указана энергия падающего тела, выраженная в мегатоннах ТНТ (1 Мт = $4,2 \cdot 10^{22}$ эрг) для каменных метеоритов (плотность 3,5 г/см³) и средней скорости столкновения 20 км/с.

Возможные последствия. Степень риска

Расчеты и результаты испытаний показали [3], что минимальная масса астероида, способного вызвать глобальные катастрофические изменения климата, фауны и флоры

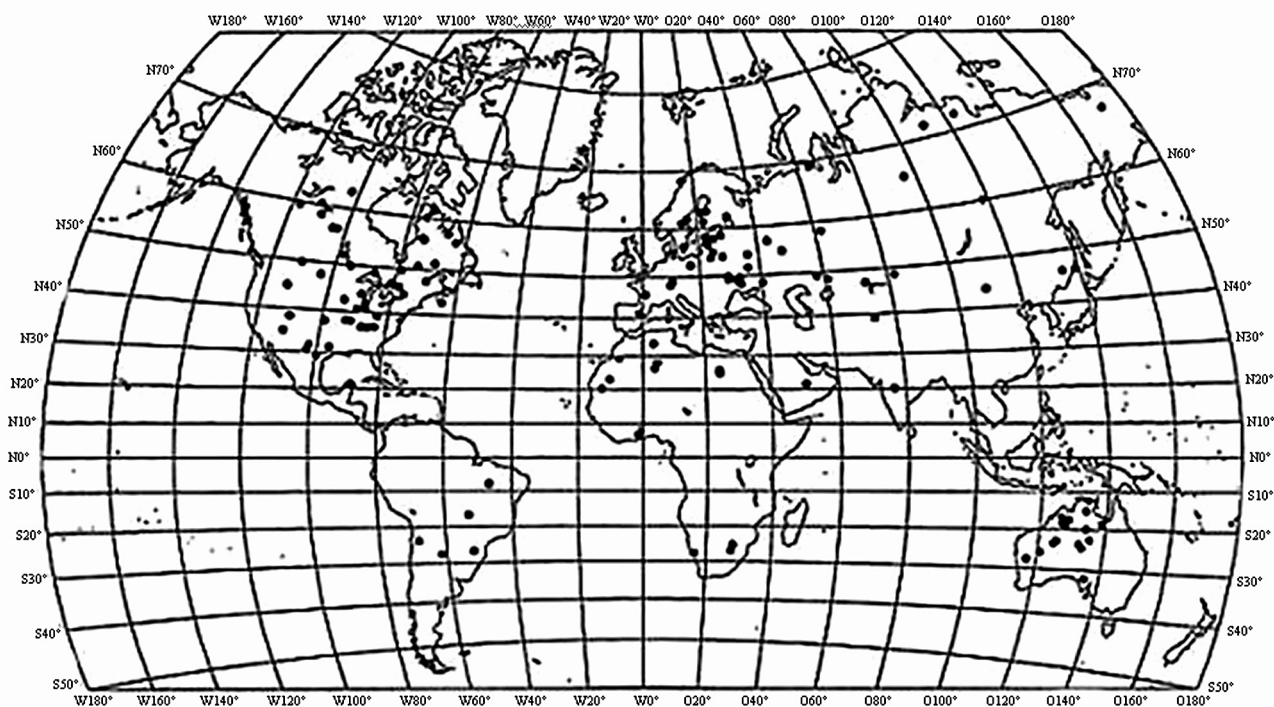


Рис. 3. Крупные кратеры (диаметром до 250 км) взрывного происхождения на поверхности Земли

на Земле, составляет несколько десятков миллиардов тонн, что соответствует пороговому диаметру такого астероида, равному 1–2 км. Столкновение Земли с такой массой приведет к взрыву, тротильный эквивалент которого составляет 1 млн Мт (50 млн «Хиросим»). Выброс вещества из кратера примерно в 1000 раз превысит объем падающего тела, что может вызвать эффект «ядерной зимы» – пыль и сажа, поднятые в атмосферу, поглотят солнечное излучение, в результате чего резко снизится температура на поверхности Земли. Произойдут глобальные изменения в биосфере, что может привести к гибели значительной части населения Земли в течение нескольких месяцев или лет. Глобальная катастрофа особенно страшна тем, что ни одна нация или правительство не будут в состоянии оказать помощь другим странам, поскольку бедствие охватит всю планету. Человеческая цивилизация в том виде, которого она достигла за несколько тысяч лет развития, может прекратить свое существование.

Тела размером в сотни метров (некометной природы) преодолевают земную атмосферу без особой фрагментации. Основная энергия выделяется при ударе о твердую или

жидкую поверхность. Диаметр образующегося кратера превышает размер космического тела в 15–20 раз, а площадь зоны поражения S , как при атмосферном взрыве, так и на поверхности, выраженная в гектарах, может быть оценена по формуле (2), по данным работы [4]

$$S = 10000 \cdot E^{2/3}, \quad (2)$$

где E – кинетическая энергия в Мт.

При падении, например, 250-метрового тела ($E = 1000$ Мт), которое происходит раз в 10 тысяч лет, зона поражения составит 1 млн га.

Для тел размерами до 100 м характерным сценарием является полная фрагментация в атмосфере с выпадением обломков на площади в десятки квадратных километров [2]. Взрыв в атмосфере сопровождается ударной волной, тепловыми и световыми эффектами, при этом более половины кинетической энергии освобождается на высотах 5–10 км. Радиус зоны поражения зависит от начального радиуса АСЗ и его скорости. Так, например, при начальном размере каменистого тела около 40 м и относительной скорости встречи с Землей 20 км/с радиус зоны разрушений составит 25 км.

Падение космических тел на землю в прошлом

Возникает вполне естественный вопрос: были ли уже столкновения крупных небесных тел (астероидов, комет) с Землей? Имеющиеся данные отвечают на него вполне утвердительно: да, они были в прошлом и, безусловно, будут происходить в будущем.

На поверхности Земли сохранилось не менее 130 кратеров ударного (а точнее взрывного) происхождения диаметром до 250 км различного вида и возраста, в том числе и очень древних, обнаруженных из космоса (рис. 3).

Из рисунка видно, что плотность кратеров на земной поверхности хорошо коррелирует с плотностью населения. Отсюда можно заключить, что это далеко не полные данные о количестве крупных падений на Землю, а лишь некоторая нижняя оценка.

В последние годы все больше подтверждений находит точка зрения, что внезапное исчезновение гигантских динозавров и некоторых других ископаемых животных объясняется столкновением Земли с огромным астероидом, происшедшем примерно 65 млн лет тому назад. Это событие совпадает со сменой двух геологических эпох в истории нашей планеты: мезозоя и кайнозоя. Переход между этими двумя эпохами ознаменован массовым вымиранием крупных ящеров и динозавров, которые уступили место млекопитающим и птицам. В геологических слоях Земли, относящихся к этому периоду, обнаружено содержание иридия, в сотни раз превышающее концентрацию в других слоях. Как



Рис. 4. Аризонский кратер (США) диаметром 1200 м, глубиной 175 м и возрастом 49 тыс. лет

известно, иридий содержится в относительно больших количествах в метеоритах, которые являются фрагментами астероидов. Это дало основание нобелевскому лауреату Л. Альваресу выдвинуть гипотезу, согласно которой аномальная концентрация иридия и гибель динозавров имеют одну и ту же причину – падение на Землю крупного астероида. При падении такого тела должен образоваться кратер диаметром 150–200 км. Заметим, что такой кратер, диаметром 180 км и возрастом $64,98 \pm 0,04$ млн лет, найден вблизи побережья полуострова Юкатан (Мексика). Его название – Чискулаб.

Вторая глобальная космическая катастрофа, послужившая причиной вымирания так называемой «мамонтовой» фауны, произошла примерно 10 тыс. лет тому назад. Ученые предполагают, что после этой катастрофы человечество возродилось, по-видимому, уже в новой форме, в виде резкой вспышки цивилизаций примерно 8–9 тыс. лет тому назад. Таким образом, уже сейчас становится ясно, что глобальные ударные катастрофы были важным фактором в процессе развития жизни на Земле.

Знаменитый Аризонский кратер в США, диаметром 1200 м и глубиной 175 м (рис. 4), который хорошо сохранился до наших дней – очевидное доказательство столкновений крупных тел с Землей в прошлом. Этот кратер образовался при столкновении железного астероида размером около 60 м с Землей 49 тыс. лет назад.

Относительно недавнее событие, произошедшее на территории России в 1908 г. и известное как Тунгусская катастрофа, связывается с касательным столкновением Земли с осколком астероида или фрагмента ядра кометы размером 50–60 м, взорвавшегося в атмосфере на высоте 7 км. При взрыве освободилась энергия порядка 10 Мт (500 «Хиросим»). В радиусе 30 км от эпицентра взрыва произошел радиальный вывал леса. Несмотря на то, что это была катастрофа локального масштаба, имели место глобальные для Земли последствия, такие как разрушение слоя озона, помутнение в течение месяца атмосферы, образование окислов азота (и особенно



Рис. 5. Следы ударного кратера от падения метеорита (Австралия)



Рис. 6. Следы ударного кратера на территории республики Гана (Африка)



Рис. 7. Следы ударного кратера на территории республики Чад (Африка)



Рис. 8. Следы ударного кратера, наблюдаемого из космоса в северной части Канады

вредной для дыхания двуокиси азота NO_2). Напомним, что по оценкам специалистов такое событие может произойти примерно один раз в 300 лет.

На поверхности Земли до настоящего времени хорошо сохранились и другие кратеры, свидетельствующие о падении крупных метеоритных тел на Землю. Особенно хорошо следы этих «звездных шрамов» видны на фотографиях из космоса. На рисунках 5–8 приведены некоторые из таких ударных кратеров, наблюдаемые в различных районах Земного шара.

Уникальное событие июля 1994 г. – столкновение кометы Шумейкера-Леви с Юпитером, предсказанное астрономами с высокой точностью за год до того, как оно произошло, явилось как бы предупреждением для нас, землян. Оно еще раз напомнило о том, что подобные катастрофы в Солнечной системе – это действительно реальность сегодняшнего дня. В последнее время у астрономов особое беспокойство вызывает астероид под номером 2004МН4, которому его первооткрыватели Рой Такер, Дэвид Толен и Фабрицио Бернарди из национальной обсерватории Kitt Peak в Аризоне дали имя древнеегипетского духа зла и разрушения Апофиза.

За последние 30 лет было зафиксировано 6 случаев прохождения крупных тел на расстоянии, меньшем расстояния от Земли до Луны. В период с 2005 г. по 2015 г. опасных случаев сближения астероидов с Землей ожидается 57.

Восприятие угрозы столкновения Земли с достаточно крупным космическим телом из абстрактной возможности превратилось в осознание серьезной опасности, поддающейся количественной оценке.

Меры по отражению астероидной опасности

Техническая часть проблемы противодействия астероидной опасности представляется наиболее сложной и, безусловно, требующей наибольших финансовых затрат. Глобальная система защиты Земли должна включать, прежде всего, систему обнаружения ОКО (АСЗ), слежения за ними, определе-

ния их орбит и других параметров и принятия решения по организации противодействия в случае реальной угрозы Земле. Далее, подобная система должна располагать ракетно-космическим комплексом для доставки средств воздействия на ОКО. В качестве таких средств могут использоваться ядерные заряды, кинетические импакторы, двигатели малой тяги, концентрированные пучки лучистой энергии и пр. Современный уровень науки и техники позволяет разработать такую систему защиты Земли, но для ее реального создания потребуются новые исследования, дополнительные конструкторские решения, проведение экспериментов в космосе.

В настоящее время рассматриваются три основных принципа отражения кометно-астероидной опасности. Это отклонение угрожающего объекта с орбиты встречи с Землей, экранирование Земли от столкновения с угрожающим объектом и, наконец, его уничтожение. [3, 10].

Самым простым способом отклонения небольших тел является ударное воздействие на них с помощью специального космического аппарата [11,12]. Если объект диаметром 100 м движется по орбите с перигелием в 0,9 а.е. и апогеем 4,0 а.е., лежащей в плоскости орбиты Земли, то аппарат-ударник массой 100 т при столкновении сообщит ему дополнительную скорость 0,25 м/с. Чтобы развести траектории объекта и Земли на миллион километров, удар необходимо нанести за 9,5 лет (3 витка) до предполагаемого момента столкновения. Для более крупных объектов применять этот способ вряд ли целесообразно ввиду неприемлемо большой массы космического аппарата.

На международной научной конференции, проходившей в Евпатории в сентябре 2000г., предлагался весьма любопытный подход к решению проблемы. Суть его состоит в том, чтобы перекрасить потенциально опасный астероид зеркальной пылью, тогда Солнце само сдвинет его с орбиты своими лучами [10]. Понятно, что перекрашивать нужно не уже мчащуюся к Земле глыбу, а еще идущую по своей естественной орбите. К сожалению, расчеты показывают, что для отклонения

таким способом даже небольшого объекта диаметром всего в 10 м потребуются неприемлемо большое время в несколько тысяч лет. Нетрудно рассчитать, что величина светового давления от Солнца на орбите Земли составляет порядка 10^{-4} г на площади 100 м^2 , а на орбите Юпитера – еще на порядок меньше.

Не слишком крупный астероид (размером несколько десятков метров) можно свести с траектории и с помощью специального буксировщика [13, 14]. Здесь тоже возможны несколько подходов. Во-первых, это размещение на небесном теле ионного или плазменного двигателя с питанием от автономного источника – солнечных батарей или реактора. Поскольку любой объект имеет массу и, соответственно, притягивает другие объекты, возможен и иной вариант: «Гравитационный тягач» массой в тонну или более, используя работающий от солнечных батарей ионный (или плазменный) двигатель или маневровые двигатели на гидразине, зависнет на высоте в четверть километра над поверхностью астероида. Сила притяжения космического аппарата постепенно увлечет астероид в сторону с его траектории – по сути дела, тяга двигателей в течение месяца будет частично передаваться небесному телу. Для астероида диаметром около 100 м и с массой $2\text{--}3 \cdot 10^6$ тонн дополнительная сила составит величину в несколько грамм.

Если рассматривается не непосредственно угрожающий Земле астероид, а лишь потенциально опасный, периодически проходящий поблизости, то время, необходимое для проведения коррекции орбиты, не слишком критично. В связи с этим на буксировщике целесообразно использовать электроракетные двигатели с ядерной энергетической установкой, характеризующиеся большим удельным импульсом при малом расходе рабочего тела. Однако наибольшей проблемой при этом будет организация хранения на борту аппарата приемлемого количества рабочего тела. По скромным прикидкам, речь будет идти о 500–600 тоннах.

Иначе будет обстоять дело при необходимости защиты от астероида, обнаруженного уже на траектории встречи, например за несколько десятков суток. Аппараты с двига-

телями малой тяги просто не успеют за столь короткий промежуток времени сообщить ему сколько-нибудь существенный импульс.

Другой подход к проблеме защиты Земли от опасных космических объектов предполагает экранирование планеты от столкновения [15]. С помощью мощного буксировщика с ядерным ракетным двигателем (ЯРД), кинетического удара или ядерного взрыва на пути угрожающего объекта ставится помеха – астероид меньших размеров. Тогда траектория первого тела изменится вследствие полученного при столкновении импульса. Этот метод, получивший название «космического бильярда», оправдывает себя для противодействия угрожающим объектам размером несколько сотен метров.

Третий подход подразумевает уничтожение опасных космических объектов или, по крайней мере, их размельчение на фрагменты, последствия столкновения с которыми будут менее катастрофичными. Не исключен вариант, что работать придется против нескольких тел – обломков объекта, расколотого ранее в результате применения одного из описанных выше методов.

Одним из направлений в исследованиях нетрадиционного использования энергии ядерного взрыва, которые также проводились в ядерных центрах СССР (и сейчас продолжаются в России), являлся вопрос о противодействии угрозе столкновения крупного космического тела (астероида) с Землей. Это сложная многоплановая проблема, в которой здесь мы затронем только некоторые аспекты, связанные собственно с использованием ядерных устройств. После идентификации факта угрозы проблема сводится в основном к обеспечению необходимого сдвига орбиты космического тела или его фрагментации. Рассматривались различные варианты воздействия энергии ядерного взрыва на космическое тело [16–19]. Одним из механизмов воздействия предполагалось создание взрывом достаточного импульса для необходимого изменения орбиты. При этом исследовались варианты взрыва ядерного устройства на некоторой высоте над поверхностью космического тела с испарением и уносом тонкого слоя массы,

формирующего импульс на значительных расстояниях от взрыва. В этом случае прогрев уносимой массы определяется фотопоглощением энергии излучения ядерного взрыва в холодном материале («холодный режим»). В других случаях подрыв ядерного устройства рассматривался на поверхности космического тела, когда испарение и унос материала реализуются в условиях процесса лучистой теплопроводности («горячий режим»).

Интегральный импульс, создаваемый излучением ядерного взрывного устройства и передаваемый космическому телу в первом варианте приподнятого подрыва, может быть оценен соотношением [17]

$$J = \int ds \int dm \sqrt{2 \frac{\epsilon_0 \mu_g}{\nu} e^{-\frac{m\mu}{\nu}} - Q},$$

где $\epsilon_0 = (E_0 / 4\pi R^2)\nu$ местный поток энергии излучения на поверхности в единицу мощности;

$\nu = \cos\theta$, где θ – угол между нормалью к поверхности и направлением на центр взрыва;

μ_g – эффективный коэффициент поглощения энергии излучения в теле объекта, определяемый материалом тела и спектром излучения;

Q – теплота испарения материала тела;

E_0 – энергия излучения ядерного устройства.

В предположении взрыва на высоте h над центром плоской поверхности тела в виде круга с радиусом R

$$J = \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{E_0}{\mu_g}} h \cdot \ln \left(1 + \frac{R^2}{h^2} \right)$$

с максимумом функции при $h \sim 0,5R$. Величина интегральной испаряемой массы со всей поверхности рассматриваемого круга может быть оценена соотношением

$$M = \int ds m_0(\rho) = \int 2\rho ds \frac{\nu}{\mu_g} \ln \left(\frac{\mu_g \epsilon_0}{Q\nu} \right) = \frac{2\pi h^2}{\mu_g} \sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}} \Lambda;$$

$$\Lambda \leq l_r \frac{\mu_g E_0}{4\pi Q(h^2 + R^2)}.$$

Рассмотрим конкретный пример скального космического объекта с характерным размером $L \sim 100$ м и объемом $V \sim 10^6$ м³. Для космического тела, состоящего из SiO₂, при интегральном выходе энергии излучения $\nu = 10$ Мт величина $J = 2,9 \cdot 10^{15}$ г·см/сек. При массе тела $m = 3 \cdot 10^6$ т передаваемая скорость составит приблизительно 10 м/сек. Величина интегральной испаряемой массы оценивается в данном примере в $M \sim 190$ т, а характерная средняя скорость разлета испаренного материала составляет = 150 км/сек. Для сдвига орбиты на величину порядка радиуса Земли необходим ресурс времени после производства взрыва в $\sim 6,4 \cdot 10^5$ секунд $\sim 7,5$ суток. Такой ресурс представляется малореальной величиной с точки зрения возможности заблаговременного обнаружения цели и ее практического перехвата баллистической ракетой. Тем более это будет относиться к космическим телам, состоящим в основном из железа, а также в случае уменьшения энерговыделения ядерного заряда.

При контактном подрыве ядерного устройства на поверхности космического тела величина импульса, передаваемого этому телу вследствие прогрева его вещества тепловой волной, также зависит от конкретных предположений о параметрах излучения ядерного заряда и характеристиках материала. В целом эта величина не превосходит величины импульса, получаемого в «холодном режиме», и в некоторых конкретных вариантах может быть, например, на порядок меньше ее. В этом случае, однако, имеет значение процесс механического разрушения космического тела, связанный с образованием воронки выброса вещества. Уже при мощности взрыва 1 Мт величина радиуса воронки выброса может быть оценена в $R_c \sim 100$ м при ее глубине $h_c \sim 30-40$ м с объемом выброшенной породы в $(0,5-0,6) \cdot 10^6$ м³. При этом зона значительных смещений (разрушения) породы реализуется на расстояниях до $(2-2,5) \cdot R_c = 200-250$ м.

Таким образом, мы приходим к выводу, что космическое тело из скальной породы размером 200 м может быть разрушено при

контактном ядерном взрыве энерговыделением $E = 1 \text{ Мт}$.

При увеличении энерговыделения взрыва до 10 Мт размер разрушаемого тела возрастает до 400 м. При этом радиус воронки выброса составит $R_c \sim 200 \text{ м}$, а ее глубина $h_c \sim 60\text{--}70 \text{ м}$; зона значительных смещений (разрушения) породы составит при этом (400–500) м от центра взрыва. Отметим, что перехват подобного космического тела может быть важным событием. Масса такого объекта составляет приблизительно 10^8 тонн, а его энергия, которая может выделиться при столкновении с Землей, может быть оценена на уровне от 5 до 10 Гт (при относительной скорости столкновения в 20–30 км/сек).

Следующий шаг в направлении повышения эффективности использования энергии ядерного взрыва для разрушения космических тел может быть связан с исследованием возможности производства заглубленных ядерных взрывов, причем процесс заглубления обеспечивался специальной конструкцией корпуса боеголовки, содержащей ядерный заряд. При уровне энерговыделения ядерного устройства в 1 Мт характерный размер зоны дробления породы составляет до 250 м в скальном грунте, а зона разрушения, связанная с созданием трещин, составляет до 500 м от центра взрыва. В предположении, что вся энергия взрыва может быть преобразована в кинетическую энергию разлета фрагментов разрушенного космического тела, можно оценить характерную скорость их разлета в данном примере на уровне 100 м/сек.

Таким образом, поверхностным ядерным взрывом мощностью 1 Мт возможно уничтожить астероид диаметром 500 м, применение заглубленного взрыва той же мощности увеличивает диаметр астероида до одного километра. Если задаться требованием, что масса перехватчика по соображениям удобства поддержания в оперативной готовности не должна превышать 20 т, то мощность взрывного устройства будет ограничена величиной 100 Мт, а максимальный диаметр перехватываемого объекта будет находиться в пределах 3–5 км.

При использовании ядерного заряда для разрушения астероидов необходимо соблюсти два условия: осколки разрушенного тела сами по себе должны быть существенно менее опасны для Земли, чем исходное тело, и должен быть обеспечен их разлет, исключающий последующее групповое воздействие на Землю.

Исходя из второго требования, перехват по штатной схеме функционирования должен осуществляться на максимально возможном удалении от планеты, что существенно усложняет задачу наведения. Первое же требование обуславливает рост мощности применяемых зарядов и накладывает ограничения на максимальные размеры космического тела, к которому метод разрушения может быть применен. Следует учитывать плотность и состав потенциально опасного объекта. Многие астероиды по строению скорее похожи на кучу мусора, чем на сплошное космическое тело, а в таком случае они легко поглотили бы энергию ядерного взрыва. Компьютерные симуляции, сделанные Эриком Асфогом из Калифорнийского университета, демонстрируют, что такой «щебневатый» астероид поглотит такое количество энергии ядерного взрыва, что взрыв почти не повлияет на траекторию астероида. После ядерного взрыва большой астероид может просто расколоться на несколько крупных кусков, которые продолжат движение по направлению к Земле.

В этой связи следует отметить еще один способ, предложенный Германном Берчардом из университета штата Оклахома [20]. Он считает, что значительно эффективнее отправить на орбиту представляющего опасность объекта космический аппарат, который наполнит газом, получаемым в результате определенных химических реакций, огромную подушку безопасности диаметром несколько километров. Космический аппарат должен «отбуксовать» подушку на встречу астероиду. Таким образом, при столкновении подушка окажется между Землей и астероидом. При этом благодаря газу, который наполняет подушку, энергия давления астероида равномерно распределится по

участку поверхности газовой подушки, достаточно большой, чтобы просто-напросто отразить астероид от нашей планеты. Берчард полагает, что такой механизм сработает для отражения космических тел диаметром до 10 километров.

Но вернемся снова к инженерным вопросам. Поскольку, как было показано выше, единого универсального метода предупреждения столкновения Земли с космическими объектами, применимого в широком диапазоне их физических свойств, размеров, подлетных траекторий и дальностей перехвата, не существует, напрашивается закономерный вывод: глобальная система космической защиты должна быть эшелонированной.

Обоснование целесообразности развития информационно-измерительных технологий, основанных на применении оптических и лазерных средств

Среди исследований, посвященных вопросам астероидной опасности и безопасности можно выделить несколько направлений. Прежде всего – выявление и наблюдения опасных тел, сближающихся с Землей. При этом следует отметить, что реализация даже такого крупного международного проекта, как «Космическая стража», немыслима без активной поддержки сетью более мелких специальных инструментов, которые необходимо расположить на территории различных государств. Исследование природы опасных космических объектов доступно для определения из наземных наблюдений, хотя крайне желательны и космические средства типа «Галилео», «NEAR», «Клементина». Таким образом, определение физических характеристик ОКО является одной из важнейших задач после его обнаружения и определения орбиты.

Кроме того, для выявления опасных небесных тел размерами менее километра предлагается концепция создания «оптического барьера» на орбите Земли с помощью системы космических аппаратов-патрулей [21–24]. Система КА-патрулей позволяет за 5–6 лет провести каталогизацию большого

числа небесных тел с диаметром 100 метров, сближающихся с Землей. Прогресс техники наблюдения позволит, вероятно, в будущем в рамках той же системы довести размеры выявляемых опасных тел до нескольких десятков метров. Поэтому система космической каталогизации может быть следующим шагом по выявлению опасных тел после известных программ оптического наблюдения их с Земли.

Среди технических средств, которые могут быть использованы для локации и изучения астероидов, называются радиолокационные станции [25]. Обычно радиолокация астероидов проводится в сантиметровом диапазоне при мощностях излучения до нескольких сотен киловатт. При этом считается, что только радиолокационные измерения, выполняемые непосредственно вслед за открытием, позволят радикально уточнить орбиты множества очередных объектов. Кроме того, радиолокационные измерения содержат сведения о физических и минералогических характеристиках и дают возможность понять строение и структуру поверхности множества новых небесных тел. В последнее время высказываются идеи использовать радиолокационное зондирование для обнаружения приближающихся к Земле астероидов и комет. Радиолокация, в отличие от оптических наблюдений, способна работать как ночью, так и днем, и вне зависимости от погоды. Однако реализовать эти преимущества чрезвычайно трудно, поскольку астрономические радиотелескопы имеют слишком узкую диаграмму направленности (малое поле зрения). Было высказано предложение использовать для этой цели радиолокационные системы (РЛС) вооруженных сил России и США, предназначенные для обнаружения баллистических ракет на дальних расстояниях. Объекты размерами 10–100 м они способны обнаружить на расстояниях до сотен тысяч километров, поэтому предлагается использовать РЛС в качестве последнего эшелона в комплексной системе обнаружения опасных астероидов, в которой роль первого эшелона отводится оптическим телескопам [23]. Вместе с тем установлено, что мощное

направленное радиоизлучение заметно влияет на магнитосферу Земли и может провоцировать возникновение смерчей, ураганов и других нежелательных явлений, разрушающих экологию нашей планеты [27]. В этой связи нам представляется целесообразным рассмотреть более безопасные методы получения необходимой информации о движении потенциально опасных небесных тел, к числу которых, безусловно, относятся оптические методы.

Мощные радары, предназначенные для обнаружения и детального исследования астероидов, целесообразно использовать на лунных станциях, которые могли бы использоваться в автоматическом режиме. При этом вся обрабатываемая информация могла бы сбрасываться непосредственно на Землю по высокоинформативным и малогабаритным оптическим линиям связи.

Кроме того, возможно размещение на наиболее проблемных астероидах лазерных маяков, в автоматическом режиме находящихся Землю и посылающих по команде с Земли серию мощных световых импульсов. По этим импульсам можно с высокой точностью (до нескольких десятков сантиметров) определять скорость и параметры движения опасного объекта. Расчеты показывают, что установка на астероиде лазера с достаточно просто реализуемыми параметрами позволит проводить траекторные измерения объекта на расстояниях около миллиарда км, т.е. вплоть до орбиты Сатурна, при использовании наземных телескопов трехметрового диаметра. Такие телескопы уже не являются уникальными, они используются в ряде обсерваторий, что делает оптическую систему наблюдений практически независимой от метеословий.

Лазерные маяки целесообразно ставить на достаточно крупные объекты, столкновения которых с Землей грозят глобальной катастрофой. На сравнительно небольших телах, которые способны вызывать локальные разрушения, можно устанавливать панели уголкового отражателя, с помощью которых производится точное определение места падения с целью забла-

говременной эвакуации населения, нейтрализацией производств и т.д. Такая панель с эффективной площадью около одного квадратного метра при локации с Земли и приеме отраженного сигнала на входной апертуре около 3-х метров позволит проводить высокоточные траекторные измерения на расстояниях до 10^6 км, т.е. за 10–20 часов до возможного столкновения.

Наконец, использование лазерных малогабаритных измерителей дальности на космических аппаратах, пролетающих мимо потенциально опасных объектов, позволит получать их высокоточное объемное изображение, что значительно облегчит выбор методов воздействия на такой объект. В частности, это позволит выбрать наиболее уязвимый участок астероида при ядерном ударе или максимально использовать аэродинамический эффект при его вхождении в искусственный газовый пузырь.

Представленные возможные меры не требуют создания принципиально новой инфраструктуры в дополнение уже существующей. Но они требуют дальнейшего развития пилотируемой космонавтики и постановки перед ней реальных практических задач, решение которых не только устранил те угрозы, которое осознало человечество, но и объединит его усилия в настоящем проникновении и овладении Космосом.

Развитие новых технологий позволит в будущем не только решить проблему астероидной опасности, но и поможет справиться с кризисом нехватки ресурсов, а в обозримом будущем реально подойти к возможности изменения условий на ближайших планетах.

Библиографический список

1. Lupishko D. F., Di Martino M. Physical properties of near-Earth asteroids // *Planetary and Space Science*. – 1998. – V. 46. – № 1. – P. 47–74.
2. D. L., Bowell E., Shoemaker E., Muinonen K. The population of Earth-crossing asteroids // *Hazards due to comets and asteroids* (ed. T.Gehrels). – Univ. of Arizona Press, Tucson. 1994. – P. 285–312.
3. Медведев, Ю.Д. Астероидно-кометная опасность / Ю.Д. Медведев, М.Л. Свешников, А.Г. Сокольский и др. – СПб.: Изд-во ИТА-МИПАО, 1996. – 244 с.

4. Chapman C. R., Morrison D. Impacts on the Earth by asteroids and comets: assessing the hazard // *Nature*. – 1994. – V. 367. – P. 33–40.
5. Международный форум «Космос, наука и проблемы 21 века» 1–5 окт, 2007, выступление Б. Шустова, дир. Инст. Астр. АНРФ.
6. Giorgini JD, Benner LAM, Ostro SJ, Nolan MC, Busch MW, Predicting the Earth encounters of (99942) Apophis, *Icarus* 193 (2008), pp. 1–19.
7. Chapman C. R., Morrison D. Impacts on the Earth by asteroids and comets: assessing the hazard // *Nature*. – 1994. – V. 367. – P. 33–40.
8. Morrison D. (Ed.) The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop. – JPL. – Pasadena. – 1992. – 66 p.
9. Toon O. B., Zahnle K., Turco R. P. et al. Environmental perturbations caused by asteroid impacts // *Hazards due to comets and asteroids* (ed. T. Gehrels). – Univ. of Arizona Press, Tucson. – 1994. – P. 791–826.
10. Ковтуненко, В.М. Возможность построения системы защиты Земли от астероидов и комет на базе современных технологий / В.М. Ковтуненко, Г.Н. Роговский, К.Г. Суханов и др. // Тезисы докл. всеросс. конференция «Астероидная опасность-95» 25–27 мая 1995 г. – СПб: Изд. МИПАО и ИТА РАН, 1995. – Т.2. – С. 65–66.
11. Ивашкин, В.В. Анализ возможности изменения орбиты сближающегося с Землей астероида ударным воздействием космического аппарата / В.В. Ивашкин, А.В. Зайцев // *Космические исследования*. – 1999. – Т. 31. – № 4.
12. Simonov I. V. Effect of High-Speed Kinetic Impact on a Stony Asteroid. Assessment of Fragmentation. // Международная конференция «Космическая защита Земли», 23–27 сентября 1996 г., Снежинск. Тезисы. С. 83.
13. Семенов, Ю.П. Результаты исследований возможной роли ядерных энергетических и двигательных установок в решении проблем защиты Земли от астероидной опасности / Ю.П. Семенов, Ю.А. Баканов, В.В. Синявский и др. // Международная конференция «Космическая защита Земли – 2000». 11–15 сентября 2000 г. Евпатория, Крым, Украина. Тезисы. – С. 68–69.
14. Зайцев, А.В. Применение разработок НПО им. С. А. Лавочкина для создания Системы планетарной защиты от астероидов и комет / А.В. Зайцев, С.Д. Куликов, К.М. Пичхадзе и др. // В сб. НПО им. С. А. Лавочкина. Сборник научных трудов. – Вып. 2. – М., 2000. – С. 204–207.
15. Зайцев, А.В. Некоторые принципы построения системы предотвращения столкновений Земли с астероидами и кометами / А.В. Зайцев // *Труды XXIII Чтений К.Э. Циолковского* (Калуга, 13-16 сентября 1988 г.). Секция «Проблемы ракетной и космической техники». – М.: ИИЕТ АН СССР, 1989. – С. 141–147.
16. Shubin O. N., Nechai V. Z., Nogin V. N., Petrov D. V., Simonenko V. A. Nuclear Explosion Near Surface of Asteroids and Comets. Common Description of the Phenomenon. // Report, «Planetary Defence Workshop», Livermore, May 1995.
17. Андюшин, И.А. Укрошение ядра / И.А. Андюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. – Саранск, 2003.
18. Wood L., Hyde R., Ishikawa M., Teller E. Cosmic Bombardment V: Threat Object – Dispersing Approaches To Active Planetary Defense. // Report of the Planetary Defense Workshop, Livermore, CA (1995).
19. Ковтуненко, В.М. Анализ некоторых проблем создания и проектных параметров системы перехвата опасных космических объектов / В.М. Ковтуненко, С.П. Алябьев, А.В. Зайцев и др. // Международная конференция «Проблемы защиты Земли от столкновения с опасными космическими объектами (SPE-94)». 26–30 сентября 1994 г. Снежинск (Челябинск-70). Тезисы докладов. – Ч. I, – С. 76.
20. Сакунов, Р. Подушка для астероида / Р. Сакунов. – По материалам *New Scientist*, 2002.
21. Kovtunenkov V., Rogovsky G., Chesnokov A., Sukhanov K., Papkov O., Bojor Ju., Zaitsev A., Kotin V., Maglinov I., Feshin I. Spase Patrol Project as a First Stage of the Earth Asteroid Protection System Deployment. IAF-95-Q.5.09, 10 p. (1995).
22. Ковтуненко, В.М. Научно-технические аспекты и проблемы создания Системы защиты Земли от опасных космических объектов / В.М. Ковтуненко, А.В. Зайцев, В.А. Котин // Международная конференция «Проблемы защиты Земли от столкновения с опасными космическими объектами (SPE -94)», 26–30 сентября 1994 г., Снежинск. Тезисы докладов. – Ч. I. – С. 72.
23. Eneev T., Akhmetshin R., Efimov G., Zaslavsky G. Space Patrol System / 17-th Int. Symposium «Space Flight Dynamics». Moscow, 2003. 16–20 of June
24. Morrison D. (Ed.) The Spaceguard Survey: Report of the NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop. – JPL. – Pasadena. – 1992. – 66 p.
25. Зайцев, А.Л. Состояние и перспективы радиотехнических измерений небесных тел, сближающихся с Землей / А.Л. Зайцев // Всероссийская конференция с международным участием «Астероидная опасность-95», 23–25 мая 1995 г., Санкт-Петербург. Тезисы докладов. – Т.2. – С. 44–45.
26. Бурлаков, А.Б. Неизбежность последствий антропогенных воздействий на магнитосферу Земли / А.Б. Бурлаков, С.В. Перминов, Ю.С. Капранов и др. // Юбилейные чтения памяти А.Л. Чижевского. 27–30 ноября 2007г. – СПб, С. 60–69.

ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В ЗАДАЧАХ ПРИРОДНОГО МОНИТОРИНГА

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
В.Ф. КРАПИВИН, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р. физ.-мат. наук,*
В.С. ШАЛАЕВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук*

burkov@mgul.ac.ru

Проблема синтеза информационно-измерительных систем нового поколения, ориентированных на изучение и оценку состояния природно-техногенных структур различного масштаба вплоть до наноструктур, требует решения огромного спектра задач, входящих в компетенцию многих областей знания. Комплексный характер этой проблемы обусловлен совокупностью разнородных и разноплановых теоретических и прикладных исследований, которые ведутся во многих странах по национальным и международным программам. Основная цель всех подобных исследований состоит в попытке ответить на единственный базовый вопрос: каковы должны быть структура и режим работы системы наблюдения за элементами изучаемой среды, чтобы обеспечивались надежные оценки ее текущего состояния и прогноз развития на ближайшее и перспективное будущее. К сожалению, ответа на этот вопрос пока нет. Развитые в работах авторского коллектива [1–3] подходы к решению этой проблемы дают теоретическую основу новой стадии развития науки об информационно-измерительной технике. Одним из препятствий здесь является отсутствие научной базы, которая объединяла бы усилия ученых в направлении развития новых информационных технологий, которые давали бы механизмы оптимизации информационных потоков в системах мониторинга и способствовали поиску методов решения указанной задачи. Особенно актуальной данная задача является при создании систем наблюдения и контроля окружающей среды.

Существующие технические средства мониторинга объектов окружающей среды во многих случаях не обеспечивают необходимой точности оценок их состояния, особен-

но при анализе химических и биологических загрязнений водных сред с учетом их неоднородности в пространстве. В данной работе предлагается новая технология синтеза систем мониторинга окружающей среды, обобщающая технологию географических информационных систем за счет комплексного использования методов имитационного моделирования, эволюционной технологии синтеза баз знаний, алгоритмов восстановления пространственных образов по отрывочным в пространстве и фрагментарным во времени измерениям, приемов компьютерной картографии и дистанционного зондирования. Эта технология синтеза гибких информационно-моделирующих систем (ГИМС-технология) реализует процедуру адаптивной оценки структуры информационно-измерительной конкретного назначения с учетом ее динамической эффективности в рамках установленных технических и функциональных ограничений. В рассматриваемом здесь частном случае учитываются возможности спектральной эллипсометрии, обеспечивающей чувствительность и точность оценки содержания примесей в жидких растворах до наночастиц. При этом оценивается экономическая эффективность ГИМС-технологии.

Спектральная эллипсометрия как элемент ГИМС-технологии

В последнее время интенсивно развивается спектральная поляризационно-оптическая аппаратура для исследований в реальном масштабе времени – многоканальные поляризационные спектрофотометры, спектрополяриметры, спектральные эллипсометры и дихрометры, нефелометры, рефрактометры. Использование в современных поляризационно-оптических приборах эффективных

модуляторов состояния поляризации и многоканальных анализаторов, развитие методов программирования определяют их высокие технические характеристики. Так, современные спектрофотометры обеспечивают измерение нескольких спектров в секунду с точностью и чувствительностью на уровне 1 % и 0.01 % соответственно, а измерения спектров вращения плоскости поляризации в реальном масштабе времени на спектрополяриметрах выполняются с высокой точностью. В то же время коммерческие многоканальные поляризационно-оптические спектральные приборы еще не получили широкого распространения.

Предметом нанотехнологии является конструирование, производство и использование функциональных структур, по крайней мере с одним характерным размером в диапазоне 1–100 нм. Информационно-измерительная система, обеспечивающая реализацию таких измерений, обладает высокой чувствительностью при контроле физических, химических и биологических свойств, явлений и процессов. Достижение такого уровня чувствительности достигается при использовании спектроэллипсометра, разработанного в ИРЭ РАН [4], в решении задач генерации наночастиц с заданными размерами [5], для контроля с обратной связью процессов напыления пленочных структур [6], при определении среднего радиуса пор и их распределения по размерам в различных наноструктурах [7], а также во многих других исследованиях [8,9].

Предложенный и развиваемый в ИРЭ РАН [2,4,9] новый метод эллипсометрических измерений – эллипсометрия с дискретной модуляцией состояния поляризации, основан на попеременном облучении изучаемого объекта пучком монохроматического света с двумя состояниями поляризации. Переключатель состояния поляризации обеспечивает точность до 10^{-5} в спектральном диапазоне от 220 до 2200 нм и высокую (до единиц кГц) точность достижения частоты модуляции пучков излучения. В соосном ахроматическом компенсаторе на основе ромба Френеля из плавленого кварца используется пара плоских параллельных зеркал, установленных под углом 12–15 градусов к падающему на них

пучку, при этом повышение ахроматичности компенсатора обеспечивается противоположными знаками изменения фазового сдвига в ромбе и в зеркалах.

Алгоритм идентификации спектральных образов

Применение спектроэллипсометра для решения конкретной задачи сводится к предварительной подготовке обучающей выборки спектральных образов в виде эталонной базы с векторным пространством $A_{\mu,l}^i = \{a_1^i, \dots, a_n^i, I, \mu\}$, $\theta_{\mu,l}^i = \{\theta_1^i, \dots, \theta_n^i\}$, где a_j^i – амплитудная характеристика, θ_j^i – фазовая характеристика, I – идентификатор исследуемого объекта, n – число используемых каналов, μ – оценка изучаемого параметра объекта. В общем случае при измерениях определяются два вектора: один Ξ_A – интенсивность света на фотодетекторе, другой Ξ_ψ – тангенс относительного сдвига фаз двух ортогональных поляризованных компонент. В простейшем случае считается, что $\Xi_A = \{a_1^i, \dots, a_n^i\}$, $\Xi_\psi = \{\theta_1^i, \dots, \theta_n^i\}$.

Основная идея алгоритма идентификации состоит в том, что полученный набор векторов Ξ_A и Ξ_ψ сравнивается с соответствующими векторами базы эталонов и по одному из критериев их близости с применением алгоритма интерполяции находится оценка для параметра μ или набора таких характеристик. При этом в случае, когда оценивается набор характеристик объекта, база эталонов расширяется за счет создания векторных индикаторов самих спектральных образов (табл. 1).

Идентификация полученного спектрального образа испытуемого образца осуществляется путем сопоставления его вектора $\Xi(X_1, \dots, X_n, Y)$ с набором эталонных векторов в базе данных. Идентификация образца осуществляется путем поиска в базе эталонов образцов, имеющих минимальное удаление от полученных спектров. Расстояние между векторами рассчитывается по среднему значению

$$\Delta = \min_n \rho(\Xi - \Xi_n) = \frac{1}{2n} \min_i \left[\sum_{j=1}^n |X_j - A_j^i| + \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - A_j^i)^2} \right].$$

Пример структуры эталона спектрального образа контролируемого объекта

Номер эталона в базе данных	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	B
1	A_{11}	A_{21}	A_{31}	A_{41}	A_{51}	A_{61}	A_{71}	A_{81}	A_{91}	B_1
.....										
n	A_{1n}	A_{2n}	A_{3n}	A_{4n}	A_{5n}	A_{6n}	A_{7n}	A_{8n}	A_{9n}	B_n

Обозначения: A_1 – площадь под спектральной кривой; A_2 – максимальное значение спектральной кривой; A_3 – минимальное значение спектральной кривой; A_4 – расстояние в нанометрах между максимальным и минимальными значениями спектральной кривой; A_5 – максимальная производная спектральной кривой; A_6 – максимальная вторая производная спектральной кривой; A_7 – число максимумов на спектральной кривой; A_8 – значение спектральной кривой при $\lambda=400$ нм; A_9 – значение спектральной кривой при $\lambda=800$ нм; B – значение оцениваемой характеристики

Применение этой формулы дает большую точность по сравнению с использованием только отклонения по абсолютной разнице компонент векторов или только по среднеквадратическому отклонению.

ГИМС-технология и водные растворы

В настоящее время совместное применение технических средств и *software* для оперативного мониторинга водной среды развито недостаточно из-за сложности синтеза комплексной системы мониторинга. Особенно сложны задачи сочетания алгоритмического обеспечения с уровнем информационного обеспечения системы мониторинга. Актуальная задача экологического мониторинга требует разработки компактных прецизионных поляризационно-оптических приборов для экспресс-анализа жидких сред. При этом эффективность решения многопараметрических задач в большой мере определяют чувствительность и точность приборов, их универсальность, возможность использования широкого спектрального диапазона. Спектральные измерения в водной среде дают информативную базу для применения современных методов и алгоритмов распознавания и идентификации загрязнителей этой среды.

В институте радиотехники и электроники Российской академии наук (ИРЭ РАН) впервые созданы устройства, основанные на принципах многоканальной регистрации спектров ослабленного, отраженного или рассеянного света. Совместное использование оперативных измерений спектрометрии и методов обработки данных впервые реали-

зовано в адаптивном идентификаторе, принципиальная схема которого представлена на рис. 1, а различные его модификации указаны на рис. 2 и 3.

Адаптивный идентификатор был испытан в экспедиционных условиях на НИС «Дмитрий Менделеев» в Японском море и Центральных районах Тихого океана, а также при обследовании водных систем Южного Вьетнама и Сибири (о. Байкал, рек Ангара и Енисей) в рамках программ международного сотрудничества с Вьетнамским научным центром естественных наук и технологий, а также с университетами Аляски и Дилларда США. Эти эксперименты показали перспективность применения технологии спектроэллипсометрии для оперативного контроля сточных вод, водных растворов в медицинской промышленности и изучения экосистем водоемов (пятнистость загрязнений поверхности водоемов, биомасса фитопланктона, мутность водной среды, содержание взвешенных веществ и др.).

Традиционно оптические методы исследования жидкостей являются одними из наиболее информативных. В частности, поляризационно-оптические спектральные измерения позволяют решить широкий круг сложных задач экологического мониторинга водных сред. Задача определения концентрации различных веществ в многокомпонентных растворах по спектрам оптического пропускания и отражения, линейного и циркулярного двухлучепреломления и дихроизма и по спектрам нарушенного полного внутреннего отражения успешно решается только

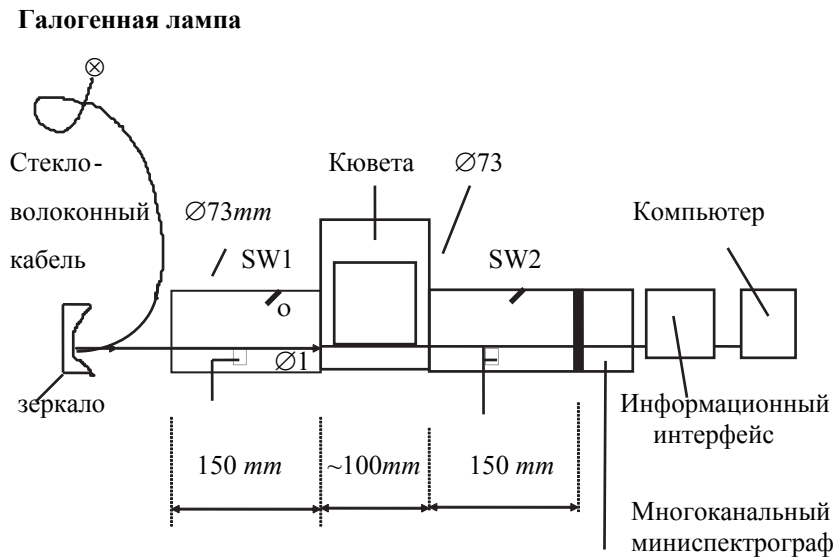


Рис. 1. Принципиальная схема адаптивного идентификатора. Через SW1 и SW2 обозначены переключатели состояния поляризации [4]

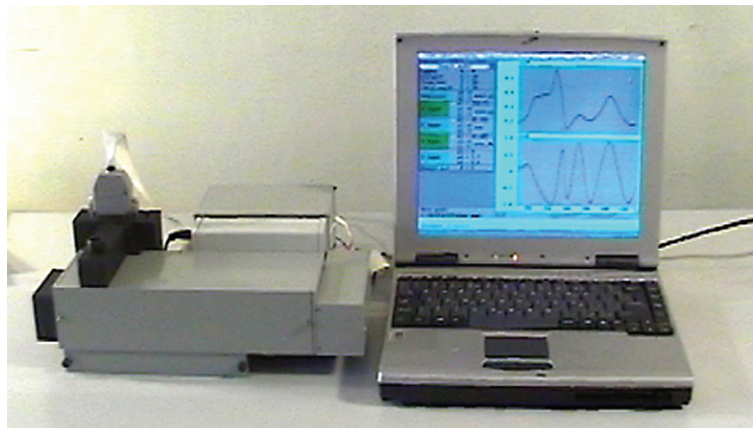


Рис. 2. Спектроэллипсометрическая система для регистрации характеристик водной среды в лабораторных условиях [2]

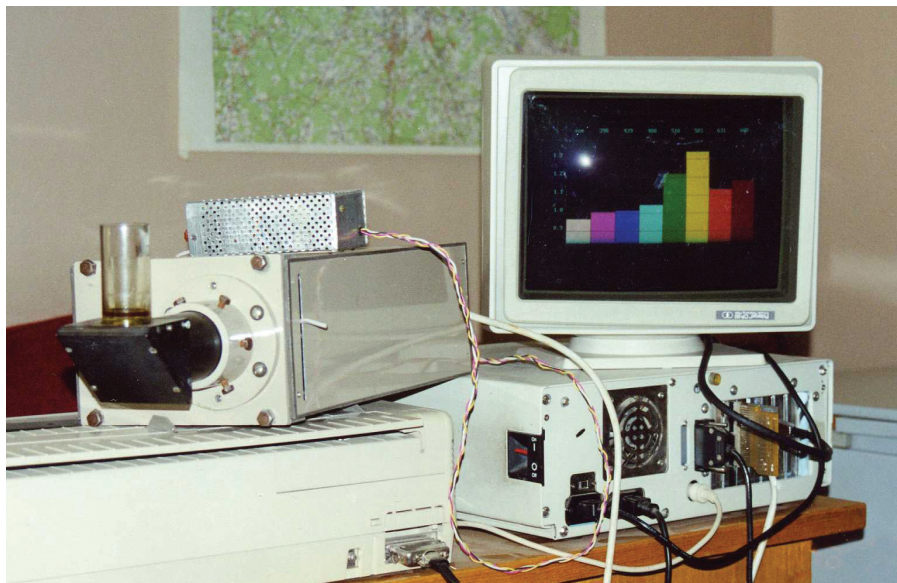


Рис. 3. Адаптивный идентификатор для изучения характеристик водной среды в лабораторных и полевых условиях в реальном масштабе времени [2, 4]

с помощью развитого программного обеспечения.

Одним из перспективных направлений анализа растворов является жидкостная хроматография с прецизионными поляризметрическими устройствами. Следует отметить определенные трудности при создании компактных многоканальных поляризационно-оптических приборов. Как правило, ключевым элементом поляризационно-оптических приборов является модулятор состояния поляризации излучения. Это либо вращающийся поляризационный элемент (поляризатор, анализатор или компенсатор), ограничивающий частоту модуляции и значительно повышающий уровень помех, либо дорогостоящий фотоупругий модулятор, требующий совершенной термостабилизации. Используются в основном ПЗС линейки и матрицы фотодетекторов, имеющие недостаточно высокие фотометрические характеристики: малый динамический диапазон, недостаточная линейность, отсутствие доступа к отдельным пикселям, последовательное считывание фотоприемных элементов, приводящее к неэквивалентности измерительных промежутков на всех фотоприемниках.

Создание адаптивного идентификатора оказалось возможным благодаря развитию нового подхода в области поляризационной оптики. Разработаны эффективная элементная база поляризационной оптики, метод дискретной модуляции состояния поляризации, и на их основе созданы высокоточные поляризационно-оптические приборы различного назначения (рис. 2). Применение простых высокоэффективных переключателей поляризации и линеек кремниевых фотодиодов с произвольным доступом к фотодиодам существенно упростило задачу создания компактных недорогих поляризационно-оптических приборов: спектрофотометров, спектрополяриметров, спектроэллипсометров и т.д.

Технология совместного использования спектрометрии и алгоритмов идентификации и распознавания позволила впервые создать типовой цельный комплекс аппаратных, алгоритмических, модульных и программных средств сбора и обработки данных

о водной среде с функциями прогноза и принятия решений. Адаптивный идентификатор имеет ряд модификаций, ориентированных на использование в различных условиях. Стационарный вариант охватывает полный комплект технических и алгоритмических средств, обеспечивающих проведение измерений в реальном масштабе времени. Использование этого варианта возможно при наличии сетевого питания 220 в. Полевой переносной вариант адаптивного идентификатора предусматривает два режима использования. При наличии компьютера *Note-book* в полевых условиях (при отсутствии сетевого питания) весь функциональный спектр адаптивного идентификатора реализуется в режиме реального времени. В противном случае результаты измерений запоминаются в блоке автономной памяти, а затем вводятся в компьютер и обрабатываются.

Алгоритмическое обеспечение адаптивного идентификатора основано на комплексном использовании методов распознавания и классификации дискретных образов, формируемых на базе 512 спектров, регистрируемых за устанавливаемое оператором время. Обычно устанавливается интервал в 1 сек, который обеспечивает получение около 60 отсчетов значений освещенности по каждому из 512 оптических каналов. Полученные спектры являются источниками рядов статистических параметров и различных характеристик, объединяемых в векторные пространства для последующего сопоставления с эталонными образцами, хранящимися в памяти компьютера. Технология этого сопоставления зависит от многообразия методов идентификации.

Адаптивный идентификатор рассчитан на обучение, которое представляет собой процедуру измерения спектральных характеристик и одновременное независимое измерение содержания химических элементов в водной среде. В результате в базе знаний формируется банк эталонов, сопоставление с которыми обеспечивает решение задачи идентификации. В частности, такое сопоставление может реализовываться в рамках расчета среднего квадратического отклонения измеренного

спектрального образа объекта от имеющихся в памяти компьютера эталонов. Программное обеспечение адаптивного идентификатора предусматривает различные алгоритмы решения этой задачи, среди которых имеется и кластерный анализ.

Адаптивный идентификатор может применяться в различных областях, где требуется оценить качество водного раствора или выявить присутствие в водной среде определенного набора химических элементов. Эти задачи адаптивный идентификатор решает в режиме непрерывного наблюдения за водной средой. Установленный для стационарного измерения, он позволяет следить за динамикой качества воды в потоке, а при размещении на борту судна – измерять характеристики водного объекта по маршруту следования.

Функциональные возможности адаптивного идентификатора могут расширяться за счет увеличения объема эталонов в базе знаний. Переключение на естественный источник освещения позволяет решать задачи экспертизы земных покровов, обнаружения пленок нефтепродуктов на водной поверхности, определение степени загрязнения атмосферного воздуха и оценки состояния других объектов окружающей среды, спектральные образы которых в видимом диапазоне могут изменяться. Созданная за последнее время технология адаптивной идентификации элементов окружающей среды по данным спектральных измерений в видимом диапазоне позволяет перейти к синтезу экспертной системы для адаптивной идентификации параметров окружающей среды (ЭСАИПО). В структуру системы входят компактный многоканальный спектрополяриметр (КМС), информационный интерфейс с компьютером (ИИК), пакет компьютерных программ (ПКП) и расширяющаяся база данных (РБД). ПКП реализует ряд алгоритмов обработки потоков данных от КМС и обеспечивает сервисные функции визуализации и управления режимом измерений. РБД состоит из наборов эталонов спектральных образов пятен загрязнителей, изображаемых точками в многомерном векторном пространстве признаков, предварительно рассчитанных на основе обучающих выборок.

Принцип функционирования ЭСАИПО основан на фиксации изменений светового потока на выходе КМС и преобразовании их в цифровой код. Дальнейшая обработка этих данных по эффективности определяется составом ПКП, куда включены различные алгоритмы распознавания двумерных образов. Адаптивность процедуры распознавания определяется уровнем накопления знаний об особенностях флуктуации интенсивности и поляризационных качеств отраженного света от водной поверхности. В состав ПКП входят средства, позволяющие в случае неопределенности ситуации с идентификацией пятна загрязнителя принимать экспертное решение на основе визуального анализа его спектрального образа. Эта процедура реализуется в режиме диалога с ЭСАИПО, и если решение принято, то оператор может фиксировать его в базе данных в форме эталона для последующих ситуаций возникновения аналогичных пятен.

После обучения функционирование экспертной системы ограничивается только количеством измерений, фиксируемых оператором исходя из соображений достижимости статистической достоверности и сохранения режима реального времени. Оператор имеет две возможности регулировать этот режим, устанавливая объем измерений или фиксируя время их накопления. Оператор связывается с различными блоками ЭСАИПО через человеко-машинный интерфейс ИИК, который обеспечивает селективность управления операциями всех блоков.

Таким образом, применение спектроэллипсометрической технологии и разработанных на ее основе систем для контроля водной среды дает возможность быстро, практически в реальном масштабе времени, решать широкий круг задач оперативного мониторинга водных растворов как искусственного, так и природного происхождения. При этом измерительная часть ЭСАИПО может монтироваться стационарно и пользователь будет получать непрерывный поток данных о состоянии водной среды. Это особенно важно при необходимости инспекции особо опасных химических предприятий.

Результаты идентификации водных растворов

Раствор	Вектора-идентификаторы спектрального образа раствора									Погрешность идентификации, %
CuSO ₄	21,6	0,17	0,1	143	0,67	0,12	2	0,16	0,21	8
	43,1	0,89	0,04	201	0,59	0,09	3	0,65	0,01	
Zn	4,6	0,14	0,07	89	0,56	0,22	1	0,1	0,06	3
	328,1	0,87	0,84	65	0,92	0,15	3	0,84	0,82	
Сахар	76,4	0,09	0,01	234	0,55	0,04	1	0,02	0,03	5
	89,7	0,13	0,03	187	0,63	0,09	1	0,01	0,01	

Методические, алгоритмические, конструктивные и технические решения, положенные в основу создания ЭСАИПО, были одобрены различными организациями. В 1992 г. Ассоциация авторов научных открытий выдала диплом № 235 «За открытие механизма формирования природных иерархических структур и создание на этой основе методики моделирования природно-антропогенных систем». Адаптивный идентификатор получил в 2001 г. на Первом международном салоне инноваций и инвестиций диплом и золотую медаль. Многоканальный спектроэллипсометр для исследования водных систем на III Выставке-ярмарке «Инновации-2000. Технологии живых систем» был удостоен диплома «За соответствие критериям безопасности жизнедеятельности человека».

В табл. 2 приведен фрагмент результатов идентификации однокомпонентных растворов.

Волоконно-оптические информационно-измерительные системы

Согласно [10,11] в ИРЭ РАН и НТО «ИРЭ-Полус» на основе нанотехнологий разрабатываются устройства и информационно-измерительные системы нового поколения, основанные на последних достижениях волоконно-оптической техники. Научные основы их создания базируются на результатах фундаментальных исследований в области физики распространения света в оптоволоконных структурах. Используются особенности распространения света в диэлектрических средах и прохождения им границ раздела сред с различными свойствами с учетом явлений хроматической дисперсии, интерференции и дифракции световых волн. Многообразие

достижений в области волоконной оптики позволяет реализовать их в виде волоконно-оптических систем передачи информации, датчиков физических величин и т.д. [10].

Структура типовой волоконно-оптической системы передачи информации включает кодер, оптический излучатель, оптическое волокно, фотоприемник, декодер и преобразователь сигналов. Если передача оптических сигналов осуществляется в цифровом виде, то используется кодер, в котором осуществляется избыточное кодирование для обеспечения требуемой помехоустойчивости, удобств синхронизации приемных устройств и контроля исправности регенераторов. Далее электрическим сигналом осуществляется модуляция оптического излучения, генерируемого лазером или светодиодом. Это излучение вводится в оптическое волокно и далее оптический сигнал передается к удаленному приемнику, где он преобразуется в электрический сигнал и приобретает необходимую для потребителя информации форму. На пути распространения оптический сигнал преодолевает границы разветвителей, ответвителей и соединителей, которые осуществляют пространственное разделение оптического сигнала.

Современные достижения в области волоконно-оптических технологий позволяют реализовать ГИМС-технологии с использованием датчиков физических величин, созданных на принципиально новых принципах и обладающих возможностями передачи и обработки информации без ее потерь. На основе развитой теории создан ряд новых датчиков и измерительных систем:

- Микрорезонаторный волоконно-оптический датчик магнитных полей. Датчик

основан на применении магнитосилового эффекта, возникающего при взаимодействии измеряемого магнитного поля с микрорезонатором, что обуславливает изменение его характеристик и, следовательно, изменение резонансной частоты в системе волоконно-оптический лазер – микромеханический резонатор (ВОЛ-МР). Техническое решение при создании данного датчика основано на том, что коллимирование луча, взаимодействующего с микромеханическим резонатором (МР), осуществляется с помощью волоконного автоколлиматора, а изменение параметров измеряемого магнитного поля сопряжено с изменением характеристик МР, приводящих к изменению резонансной частоты в системе ВОЛ-МР.

- Многоканальная волоконно-оптическая измерительная система концентрации различных газов. Система содержит источник излучения, разветвитель, который отделяет световой поток от источника излучения и направляет его в N измерительных каналов, каждый из которых содержит микрорезонатор, фотоприемник и блок обработки сигнала. Источник излучения представляет собой полупроводниковый лазер накачки. В качестве разветвителя использован многомодовый волоконный разветвитель, входной торец которого оптически связан с полупроводниковым лазером накачки, а N свободных торцов сопряжены с N измерительными каналами, каждый из которых дополнительно содержит отрезок активного одномодового световода с зеркалом на основе Брегговской решетки и представляет собой волоконный лазер.

Система работает следующим образом. Накачка волоконных лазеров осуществляется полупроводниковым лазером, излучение которого с помощью волоконного разветвителя направляется в соответствующие отрезки активных световодов. В условиях непрерывной накачки одновременно могут возбуждаться автоколебания различных пар микрорезонаторов. При этом выходной сигнал фотоприемника содержит гармонические составляющие на разностных частотах, соответствующих колебаниям N пар микрорезонаторов, тем самым осуществляется частотное мультиплексирование микрорезонаторных волоконно-опти-

ческих датчиков концентрации газов, обладающих высокой чувствительностью и точностью. Определение концентрации газа осуществляется блоком обработки сигналов с учетом площади сорбента, коэффициента диффузии газа и массы газа (m_p), поглощенной пленкой с сорбентом и определяемой по формуле $\Delta F = -0,5fm_p m^{-1}$ где f – собственная частота микрорезонатора.

- Мультиплексная система автогенераторных микрорезонаторных волоконно-оптических датчиков физических величин. Данная система включает полупроводниковый лазер накачки; высокоэффективный эрбиевый волоконный лазер (ЭВЛ); многомодовый разветвитель, входной торец которого связан с полупроводниковым лазером, а другие торцы сопряжены с соответствующими резонаторами ЭВЛ; дихроические зеркала, отражающие излучение на линии генерации лазера и пропускающие на длине волны полупроводникового лазера накачки (0,98 мкм); волоконные автоколлиматоры; микрорезонаторы, резонансные частоты которых чувствительны к соответствующей физической величине (температуре, давлению, ускорению и т.д.); отражающие поверхности микрорезонаторов; фотоприемник; блок обработки сигналов и отрезок активного одномодового световода, легированного, например, $Yb^{+3}-Er^{+3}$ с $\lambda=1,55$ мкм.

В условиях непрерывной накачки в данной системе одновременно возбуждаются автоколебания различных микрорезонаторов, при этом выходной сигнал фотоприемника содержит гармонические составляющие на разных частотах, соответствующих колебанию МР в каждом измерительном канале. Таким образом, осуществляется частотное мультиплексирование микрорезонаторных датчиков физических величин, обладающих высокой чувствительностью и точностью измерений, быстродействием, высоким КПД и расширенными функциональными возможностями.

- Система измерений предвестника землетрясения. За последние годы выявлено несколько новых, ранее недоступных для наблюдения предвестников землетрясения. Среди них такие, как эманация газов из земной коры в атмосферу, образование над эпицентральной областью очага землетрясения в

атмосфере вертикального электростатического поля с напряженностью несколько кВ/м и др. Эманация легких газов, таких как водород или гелий, приводит к падению на несколько мм рт. ст. атмосферного давления в локальных областях атмосферы непосредственно над очагом накануне землетрясения. Однако изменение атмосферного давления может происходить и при изменении метеоусловий, что не позволяет однозначно интерпретировать результаты измерений данного признака. Поэтому целесообразно использовать средства непосредственного измерения концентрации водорода в атмосфере над местами тектонических разломов земной коры.

Достоверность определения момента начала землетрясения зависит от чувствительности измерительной техники. Данная система состоит из измерительного канала, включающего генератор оптического излучения, чувствительный элемент – электрооптический модулятор, фотоприемник, пороговое устройство, аналогово-цифровой преобразователь, буфер-накопитель и программируемую схему выборки. Чувствительный элемент выполнен в виде электрооптического модулятора на отрезке дырчатого волокна, частота модуляции светового потока которого пропорциональна концентрации водорода в воздухе.

Динамика взаимодействия элементов системы состоит в следующем. Избыточная концентрация водорода в воздухе существенно изменяет средний молярный вес и теплоемкость воздушной среды. Электрооптический резонатор реагирует на эти изменения и в системе оптический лазер–чувствительный элемент возникают устойчивые колебания на частоте колебаний отрезка волокна. Частота собственных колебаний отрезка волокна непосредственно зависит от концентрации водорода в воздухе. Чем больше концентрация, тем меньше инерционность среды и тем выше частота. Эта зависимость и является признаком возникновения землетрясения.

Экономическая эффективность ГИМС-технологии

Затраты на создание и обслуживание систем природного мониторинга оцениваются

сотнями миллиардов долларов. Созданная в США трехуровневая система диагностики процессов в зонах возможного зарождения тропических ураганов для функционирования ежегодно требует несколько миллиардов долларов, хотя ее эффективность не превышает 35 %. Как показано в [1], применение ГИМС-технологии для оптимизации этой системы может снизить экономические затраты на обслуживание самой системы мониторинга более чем в два раза при повышении ее эффективности до 90 %. Предварительные расчеты, сделанные в [12], оказались убедительными для Европейской секции Международного научного и технического центра, чтобы открыть специальную работу по развитию ГИМС-технологии применительно к решению задачи раннего обнаружения источников зарождения тропических ураганов. Эта работа поручена Институту радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова.

Вообще созданные и планируемые к созданию системы природного мониторинга отличаются высокой избыточностью, так как в процессе их синтеза не применяются новые информационные технологии, обеспечивающие оптимизацию этих систем на этапе разработки. Одной из таких технологий является ГИМС-технология, базирующаяся на адаптивных методах выбора структур при синтезе систем мониторинга. В качестве примера, демонстрирующего эффективность этой технологии, рассмотрим случай мониторинга лагуны Ньюк Нгот на Вьетнамском побережье Южно-Китайского моря. Исходная структура мониторинга этой лагуны включала еженедельные взятия проб воды по четырем разрезам с использованием малого судна. Стоимость этой работы в течение года до 2003 г. составляла 48 тысяч долларов. В 2003 г. применение ГИМС-технологии позволило снизить частоту измерений до двух в год при одной дополнительной контрольной экспедиции. При этом измерения необходимо было проводить только в устье лагуны. Промежутки между измерениями были заменены имитационной моделью. В результате годовая стоимость мониторинга лагуны снизилась до 7 тысяч долларов.

Библиографический список

1. Савиных, В.П. Информационные технологии в системах экологического мониторинга / В.П. Савиных, В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов. – М.: Геодекартиздат, 2007. – 388 с.
2. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F., Kovalev V.I., and Klimov V.V. Spectroellipsometric technology for ecological monitoring of the aquatic environment. / Proceedings of the First Mediterranean Photonics Conference, 25-28 June 2008, Ischia, Napoli, Italy, pp. 333–335.
3. Бурков, В.Д. Экономичность адаптивно-эволюционного синтеза информационно-измерительных систем / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов / Экономика природопользования. – 2007. – № 5. – С. 42–48.
4. Mkrtychyan F. A., Krapivin V. F., Kovalev V.I., Klimov V.V., Rukovishnik A. I., and Golovachev S.P. An adaptive spectroellipsometric technology for the ecological monitoring of the aquatic environment. Proceeding of 25-th ACRS, Chiang-Mai, Thailand, 2004, pp. 13–15.
5. Weis R., Suk-Ho Hong, Ransch J., and Winter J. Rayleigh-Mie scattering ellipsometry as an in situ diagnostic for the production of “smart nanoparticles”. / Phys. Stat. Sol., 2008, vol. 205, No. 4, pp. 802–805.
6. Giovanni Bruno. Spectroscopic ellipsometry: a tool for the real time monitoring at the nanoscale of surface processing. / <http://www.nanotec.it/metrologia/Giovanni Bruno.PDF>
7. Baklanov M. R. and Mogilnikov K. P. Non-destructive characterisation of porous low-k dielectric films. / Microelectronic Engineering, 2002, Vol. 64, No. 1, pp. 335–349.
8. Chun Ye. Photopolarimetric measurement of single, intact pulp fibers by Mueller matrix imaging polarimetry. / Applied Optics, 1999, Vol. 38, No. 10, pp. 1975–1985.
9. Perov P.I., Kovalev V.I., Rukovishnikov A.I., Rossukanov N.M., and Johnson W.H. Hydrogen-sensitive film study with precise and fast ellipsometers. / IUnt. J. Electronics, 1994, vol. 76, No. 5, pp. 797-803.
10. Бурков, В.Д. Научные основы создания устройств и систем волоконно-оптической техники. Изд-во Московского государственного университета леса / В.Д. Бурков, Г.А. Иванов. – М., 2008. – 332 с.
11. Бурков, В.Д. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ, 2009. – 432 с.
12. Kondratyev K. Ya., Krapivin V.F., and Varotsos C.A. Natural disasters as interactive components of global eodynamics. – Springer/Praxis, Chichester.-2006. – 580 pp.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ АRIMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

А.В. ТРЕГУБ, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,

И.В. ТРЕГУБ, доц. каф. математического моделирования экономических процессов Финансового университета при Правительстве РФ, д-р экон. наук

tregub50@mail.ru

Широкий круг социально-экономических, технических и физических процессов часто представляется в виде набора последовательных значений некоторого показателя Y_1, Y_2, \dots, Y_n , зафиксированных в равноудаленные друг от друга моменты времени. Подобный набор значений $Y_t, t = 1, 2, \dots, n$ именуется временным рядом, который представляет собой дискретный временной процесс. В зависимости от свойств различают стационарные и нестационарные временные ряды различных порядков. Так, *стационарность второго порядка* (слабая стационарность или стационарность в широком смысле) наблюдается, если моменты первого и второго порядка (математическое ожидание, дисперсия и

автоковариация) инвариантны по отношению к сдвигу временного аргумента.

При обработке информации о поведении финансовых временных рядов необходимо учитывать, что методы анализа нестационарных случайных процессов существенно отличаются от приемов работы со стационарными случайными временными рядами. Однако в рамках системы фондового рынка существует множество приемов, описывающих его динамику, которые обладают так называемой однородной нестационарностью и могут быть описаны при помощи подходов, применимых к стационарным рядам. К числу таких методов относится применение линейной стохастической модели авторегрессии и

проинтегрированного скользящего среднего (*AutoRegressive Integrated Moving Average, ARIMA*). Для построения модели *ARIMA* достаточно использовать информацию, содержащуюся в самих анализируемых данных временного ряда.

В настоящей работе рассматриваются финансовые временные ряды, имеющие стационарность второго порядка. Именно эта степень стационарности, определяемая условиями инвариантности взаимного распределения вероятностей наблюдений, является жестким условием для построения модели *ARIMA*.

Составляющие модели

Авторегрессионные модели. Авторегрессионная модель [1] порядка p имеет вид

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где Y_t – уровень временного ряда в момент времени t (зависимая переменная);

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ – уровни временного ряда в моменты времени $t-1, t-2, \dots, t-p$, соответственно (независимые переменные);

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ – оцениваемые коэффициенты; ε_t – случайное возмущение, описывающее влияние переменных, не учтенных в модели (1).

Коэффициент ϕ_0 определяет постоянный уровень ряда и связан с математическим ожиданием μ соотношением

$$\phi_0 = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p).$$

Модели со скользящим средним. Модель со скользящим средним порядка q задается уравнением

$$Y_t = \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}, \quad (2)$$

где Y_t – уровень ряда в момент времени t ;

ε_{t-i} – значения остатков i временных периодов назад (независимые переменные);

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ – оцениваемые коэффициенты.

Модели скользящего среднего *MA* дают прогноз значений функции Y_t на основе линейной комбинации ограниченного числа q остатков, в то время как авторегрессионные модели *AR* дают прогноз значения Y_t на основании линейной функции аппроксимации ограниченного числа p прошлых значений Y_t .

Использование понятия скользящего среднего в данном случае означает, что отклонение зависимой переменной от своего среднего, т.е. величина $Y_t - \mu$, является линейной комбинацией текущих и прошлых значений вектора случайных возмущений.

Модели с авторегрессией и скользящим средним. Авторегрессионную модель и модель со скользящим средним можно комбинировать. При описании подобной комбинации используется обозначение *ARMA* (p, q), где p – порядок авторегрессионной части модели, q – порядок части скользящего среднего. Модель *ARMA* (p, q) имеет общий вид

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}. \quad (3)$$

Данная модель позволяет составлять прогноз, зависящий как от текущего и прошлого значений зависимой переменной, так и от текущих и прошлых значений величины случайного возмущения.

Модели типа ARIMA и методология Бокса-Дженкинса. Бокс и Дженкинс предложили выделить класс нестационарных рядов, которые взятием последовательных разностей можно привести к стационарному виду типа *ARMA*. Если ряд после взятия d последовательных разностей сводится к стационарному, то для прогнозирования его уровней можно применить комбинированную модель авторегрессии и скользящего среднего, обозначаемую как *ARIMA*(p, d, q). Сокращение *I* в данной аббревиатуре означает «интегрированный» [2].

Методология Бокса-Дженкинса подбора *ARIMA*-модели для конкретного ряда наблюдений состоит из четырех этапов:

– идентификация модели – процесс выбора модели, в наилучшей степени соответствующей рассматриваемому реальному процессу;

– оценивание модели – использование регрессионных методов для получения оценок параметров, включенных в модель;

– тестирование модели – проверка основных предпосылок использования регрессионного анализа, проверка адекватности модели с использованием тестов на нормальность остатков (тест Жарка-Бера), на автокор-

реляцию остатков (тест Дарбина-Уотсона), на постоянство дисперсий случайных остатков (критерии Кохрана и Голдфалда-Квандта), на качество спецификации модели (F -тест);

– использование модели для прогнозирования.

Идентификация модели

В первую очередь необходимо выяснить, обладает ли изучаемый ряд свойством стационарности. Оценка стационарности исходного временного ряда осуществляется с использованием формальных тестов, например при помощи расширенного критерия Дикки-Фуллера. Кроме этого, при идентификации смешанной модели проводится анализ коррелограммы ряда, для чего строится график выборочной автокорреляционной функции (ACF). Коррелограмма стационарного временного ряда быстро убывает с ростом порядка k за пределами нескольких первых значений. Если график убывает достаточно медленно, есть основания считать ряд нестационарным; если же не убывает, то исследуемый ряд определенно не стационарен.

Определение порядка преобразования ряда. Реальные процессы могут не обладать свойством стационарности, однако с помощью несложных процедур часто можно привести наблюдаемый ряд к стационарному процессу. К числу таких преобразований можно отнести:

– взятие конечных разностей вида

$$X_t = \Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1},$$

где X_t – первая разность,

$$Z_t = \Delta X_t = X_t - X_{t-1} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} = \Delta^2 Y_t,$$

(Z_t – вторая разность);

– логарифмирование цепных индексов

вида

$$X_t = \ln(Y_t / Y_{t-1}) = \ln Y_t - \ln Y_{t-1};$$

– расчет темпов прироста вида

$$X_t = (Y_t - Y_{t-1}) / Y_{t-1} = (Y_t / Y_{t-1}) - 1;$$

– логарифмирование ряда вида

$$X_t = \ln Y_t;$$

– расчет темпов роста вида

$$X_t = (Y_t / Y_{t-1}) \text{ и т.п.}$$

При выборе процедуры преобразования для получения стационарного ряда необходимо исходить из вида графика временного

ряда X_t . Корректный выбор должен обеспечивать приблизительное выполнение условия $X_t = f(Y_t) \approx \text{const}$.

Последовательность значений исходного ряда Y_t является $ARIMA(p,d,q)$ моделью, если последовательность значений проинтегрированного ряда $\Delta^d Y = (\Delta^d Y_t)$ образует $ARMA(p,q)$ -модель [3].

Выбор оптимальной модели. После определения параметра интегрирования d , отражающего количество шагов, требуемых для приведения ряда к стационарному виду, структурная идентификация оптимальной модели в выбранном классе моделей $ARIMA$ происходит на основании анализа автокорреляционной функции и частной автокорреляционной функции с использованием формальных критериев, например, информационных критериев Акаике и Шварца.

При построении $ARIMA(p,d,q)$ -модели временного ряда Y_t необходимо стремиться к минимизации числа ее параметров. Это правило известно как «принцип экономии» и заключается в предпочтении простой модели более сложной. Параметры моделей типа $ARIMA$ оцениваются на основе коэффициентов автокорреляции исходного процесса. С увеличением числа параметров в модели для определения их значений необходимо использовать в качестве исходных данных большее число выборочных коэффициентов автокорреляции (с большими «шагами»). Точность их оценки с ростом шага падает, что снижает надежность оценок коэффициентов моделей временных рядов высоких порядков и качество этих моделей.

Задача состоит в определении общего вида модели из класса моделей $ARMA(p,q)$ с наименьшим числом параметров по сравнению с другими возможными вариантами, без потерь в точности описания исходного процесса. Этот процесс сопровождается процедурами оценки параметров альтернативных вариантов моделей и выбора наилучшего из них на основе критериев качества.

Идентификация модели $ARMA(p,q)$ возможна только для стационарных временных рядов. Крайне важная информация о порядке p модели авторегрессии AR содержится в час-

тной авторкорреляционной функции *PACF*. Для процесса, описываемого моделью $AR(p)$, ее значениями являются последние значения коэффициентов моделей авторегрессии порядков, не превосходящих p .

Для модели $AR(p)$ значения частной автокорреляционной функции являются значимыми (отличными от нуля) до лага p включительно и равными нулю при сдвигах, превышающих порядок модели. Частная автокорреляционная функция модели $AR(p)$ обрывается после задержки p . Если значения частной автокорреляционной функции, рассчитанной для реального процесса, становятся нулевыми, начиная со сдвига $p + 1$, то модель авторегрессии p -го порядка соответствуют свойствам рассматриваемого процесса.

Аналогичные рассуждения относительно поведения частной автокорреляционной функции справедливы для модели $MA(q)$. Как и для моделей типа AR , частные автокорреляционные функции могут быть построены для моделей скользящего среднего любых порядков.

В рамках анализа графиков *ACF* и *PACF* используются следующие закономерности, связывающие параметры модели и поведение ее автокорреляционной и частной автокорреляционной функций:

1. $p = 1, q = 0$ ($ARMA(1,0)$): *ACF* экспоненциально затухает. При отрицательном значении параметра авторегрессии она экспоненциально затухает, меняя знак, при положительном – не меняя. *PACF* имеет выброс на лаге 1, для прочих лагов корреляции нет.

2. $p = 1, q = 0$ ($ARMA(2,0)$): *ACF* затухает экспоненциально или синусоидальной волной, в зависимости от знаков параметров. При отрицательном значении параметра авторегрессии она экспоненциально затухает, меняя знак, при положительном – не меняя. *PACF* имеет выброс на лагах 1 и 2, для прочих лагов корреляции нет.

3. $p = 0, q = 1$ ($ARMA(0,1)$): *ACF* имеет выброс на лаге 1, для прочих лагов корреляции нет. *PACF* затухает экспоненциально, монотонно или меняя знак.

4. $p = 0, q = 2$ ($ARMA(0,2)$): *ACF* имеет выброс на лагах 1 и 2, для прочих лагов кор-

реляции нет. *PACF* затухает экспоненциально или синусоидальной волной.

5. $p = 1, q = 1$ ($ARMA(1,1)$): *ACF* экспоненциально затухает, начиная с первого лага, причем затухание может носить монотонный или колебательный характер. *PACF* затухает экспоненциально, монотонно или колебательно.

Данный принцип служит для обоснования выбора некоторой пробной модели из группы моделей типа $ARMA(p,q)$, которая является «начальной точкой» построения оптимальной модели рассматриваемого процесса на основе использования более точных процедур диагностики и методов оценки параметров модели.

Рассмотрим критерии выбора оптимальной модели в сформированном на основании анализа графиков *ACF* и *PACF* портфеле моделей. Применение формальных критериев необходимо в первую очередь потому, что визуальная оценка этих графиков зачастую дает весьма субъективные результаты. Кроме того, не одна, а несколько моделей могут довольно точно соответствовать структуре выборочных *ACF* и *PACF* – но выбор необходимо остановить лишь на одной.

Первый из критериев выбора оптимальной модели – информационный критерий Акаике (*AIC*). Согласно ему, выбирается модель, минимизирующая значение статистики

$$AIC = \ln \hat{\sigma}^2 + (2/n)r,$$

где $\hat{\sigma}^2$ – остаточная сумма квадратов, деленная на количество наблюдений;

n – число наблюдений (остатков);

r – число оцененных параметров модели.

Разработанный Шварцем Байесовский информационный критерий (*BIC*) предполагает, что выбрать стоит ту модель, которая минимизирует выражение

$$BIC = \ln \hat{\sigma}^2 + (\ln n/n)r.$$

Данные критерии не могут быть самостоятельно использованы для выбора оптимальной модели и должны базироваться на результатах анализа выборочных *ACF* и *PACF*, поскольку он, помимо прочего, позволяет выделить некий портфель моделей и сузить тем самым диапазон моделей для сравнения.

Оценивание модели

После структурной идентификации, проведенной на предыдущем шаге, осуществляется параметрическая идентификация модели. Как правило, применение метода наименьших квадратов для этих целей в моделях $ARIMA(p, d, q)$ дает хороший результат.

Оптимальный выбор модели подразумевает, что случайный остаток $e_t, t = 1, 2, \dots, n$ по своим свойствам достаточно близок к белому шуму. Математическое ожидание остатков должно быть равно нулю, дисперсия постоянна на любом участке измерения, а между уровнями ряда случайных остатков не должно быть автокорреляционной зависимости. Фактическая ошибка модели должна быть достаточно случайна, чтобы ее невозможно было уточнить какой-либо иной моделью.

Желательно также, чтобы дисперсия ошибки σ_e^2 была существенно меньше дисперсии самого процесса, т.е. $\sigma_e^2 \ll \sigma_y^2$. В этом случае модель, описывающая процесс Y_t , снимает значительную часть неопределенности в его изменчивости, что позволяет с большей обоснованностью предсказывать его значения.

Тестирование модели

Проверим основные предпосылки использования регрессионного анализа: случайный характер остатков модели, равенство нулю математического ожидания остатков, отсутствие автокорреляционной зависимости в остатках, гомоскедастичность дисперсии остатков, подчинение остатков нормальному закону распределения. При выполнении этих предпосылок оценки коэффициентов регрессии будут обладать свойствами несмещенности, эффективности и состоятельности.

Тест Жарка-Бера. Тест Жарка-Бера представляет собой процедуру определения отклонения от нормальности и основан на значениях выборочного эксцесса и асимметрии. Тестовая статистика JB вычисляется по формуле

$$JB = (n/6)(A^2 + Ex^2/4),$$

где n – количество наблюдений;

A – асимметрия;

Ex – эксцесс.

Статистика JB имеет асимптотическое χ^2 -распределение с двумя степенями свободы и используется для проверки нулевой гипотезы о том, что данные принадлежат нормальному распределению. Нулевая гипотеза, подлежащая проверке, в свою очередь, является составной – о равенстве нулю асимметрии и эксцесса. Как видно из определения статистики JB , любое отклонение от этих значений увеличивает ее значение.

F-тест. Общая процедура проверки гипотезы о постоянстве математического ожидания может быть организована так. Если количество наблюдений достаточно велико, то интервал наблюдений делится на $N > 2$ частей, не обязательно одинаковой размерности. Для каждой из частей определяются оценки среднего и дисперсии. Проверяется гипотеза о равенстве оценок средних значений ряда, рассчитанных на этих частях. Для этого может быть использован критерий Фишера. Его расчетное значение определяется по формуле

$$F = \frac{1}{N-1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N n_i \cdot (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{\bar{s}^2},$$

где N – число частей разбиения интервала;

n_i – число измерений переменной Y_t на i -й части, $i = 1, \dots, N$;

\bar{Y} – среднее значение временного ряда в целом;

\bar{s}^2 – средняя дисперсия, значение которой рассчитывается как

$$\bar{s}^2 = \frac{1}{n-N} \cdot \sum_{i=1}^N (n_i - 1) \cdot \bar{s}_i^2,$$

где \bar{s}_i^2 – дисперсия, рассчитанная на i -й части интервала. Если справедливо соотношение $F < F^*(p, v_1, v_2)$, где $F^*(p, v_1, v_2)$ – табличное значение критерия Фишера для выбранного уровня значимости и числе степеней свободы $v_1 = N - 1, v_2 = n_1 + n_2 + \dots + n_N - N$, то гипотеза о постоянстве математического ожидания временного ряда на всем интервале принимается.

Тестирование дисперсии. Для проверки гипотезы о постоянстве дисперсий может быть использован критерий Кохрейна, основанный на распределении Фишера. Обычно

он применяется в предположении, что при разбиении временного ряда на несколько частей объемы этих частей равны между собой, т. е. $n_1 = n_2 = \dots = n_N = n$. Расчетное значение критерия определяется по формуле

$$K = \frac{s_{\max}^2}{s_1^2 + \dots + s_N^2},$$

где $s_{\max}^2 = \max\{s_i^2\}$ – максимальное значение дисперсии s_i , $i = 1, \dots, N$.

Критическое значение для теста Кохрейна, соответствующее заданному уровню значимости α и числам степеней свободы $\nu_1 = N$, $\nu_2 = n - 1$, определяется на основании табличного значения F -критерия следующим образом

$$K(p, \nu_1, \nu_2) = \frac{F\left(1 - \frac{\alpha}{N}, \nu_1, \nu_2\right)}{(N-1) + F\left(1 - \frac{\alpha}{N}, \nu_1, \nu_2\right)}.$$

Если оказывается справедливым соотношение $K \leq K(\alpha, N, \nu_1)$, то гипотеза о постоянстве дисперсии временного ряда принимается.

Прогнозирование на основании модели

В случае если выбранная модель признана адекватной, с ее помощью можно составлять прогнозы на некоторое количество периодов вперед. При поступлении с течением времени в распоряжение исследователя новых данных об уровнях временного ряда, уже сформированная модель $ARIMA(p, d, q)$ может быть применена для составления нового прогноза с иным началом отсчета времени. Однако если характер поведения данных со временем меняется, то необходима переоценка параметров модели или, в некоторых случаях, поиск модели иной спецификации.

Библиографический список

1. Ханк, Д.Э. Бизнес-прогнозирование, 7-е изд.: Пер. с англ. / Д.Э. Ханк, Д.У. Уичерн, А.Дж. Райтс. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 458 с.
2. Канторович, Г.Г. Анализ временных рядов / Г.Г. Канторович // Экономический журнал ВШЭ. – №1. – 2002. – 110 с.
3. Ширяев, А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Том 1. Факты. Модели / А.Н. Ширяев. – М.: ФАЗИС, 1998. – 174 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ, ТЕРПИМЫХ К ЗАДЕРЖКЕ ВРЕМЕНИ

М.В. СКРИПНИК, *асп. каф электроники и микропроцессорной техники МГУЛ*,
А.Е. КУРНИКОВ, *соис. каф электроники и микропроцессорной техники МГУЛ*

mantoshina@mgul.ac.ru; arsenny07@mail.ru

В настоящее время активное внедрение компьютерных сетей во многие области жизнедеятельности человека, в том числе в промышленность, экономику, образование, приводит к тому, что одной из основных проблем в этом направлении является пропускная способность каналов связи, служащих для передачи информации, их функционирование и надежность. Вопрос оценки качества работы сети складывается как из оценки качества аппаратной части комплекса передачи информации, так и оценки качества программных средств (ПС). Если для оценки качества аппаратных средств разработано достаточно

большое количество гостов и стандартов, то вопрос оценки качества ПС является достаточно интересным и актуальным, так как они имеют свои критерии, по которым можно рассчитывать качество ПС, в том числе и ПС для компьютерных сетей. Одним из способов, определяющих качество программного обеспечения в образовательных сетях, является сертификация – процесс подтверждения свойств программного обеспечения, заявленных в соответствующей нормативной документации.

Организационное обеспечение стандартизации и оценки качества программных средств учебного назначения осуществляется

в том числе техническим комитетом на основании совместного приказа Минобразования и Госстандарта РФ от 08.03.04 №302-1188 «О создании технического комитета по стандартизации информационно-коммуникационных технологий в образовании». В работе данного комитета широко используются известные в международной практике стандарты качества программных средств. Одним из таких стандартов, определяющих качество готового продукта, является ГОСТ ISO 9126 «Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению» [1]. Согласно данному стандарту характеристиками качества являются: функциональность (набор атрибутов, относящийся к сути набора функций), надежность (набор атрибутов, относящихся к способности программного обеспечения сохранять свой уровень качества функционирования при установленных условиях за установленный период времени, поскольку износа или старения программ в отличие от других видов продукции обычно не происходит), практичность (набор атрибутов, относящихся к объему работ, требуемых для использования или индивидуальной оценки такого использования определенным кругом пользователей), эффективность (набор атрибутов, относящихся к соотношению между уровнем качества функционирования и объемом используемых ресурсов продукции), сопровождаемость (набор атрибутов, относящихся к объему работ, требуемых для проведения изменений и модификации), мобильность (набор атрибутов, относящихся к способности программного средства быть перенесенным из одной среды в другую). Эти характеристики образуют основу для дальнейшего уточнения и описания качества.

Оценка качества программных средств является достаточно сложным и трудоемким процессом. Вывод критериев оценки качества даже по одному показателю, используемому в соответствующем стандарте, является достаточно сложной задачей.

Что касается качества работы телекоммуникационных сетей, то одним из ключевых показателей качества работы компьютерной

сети является надежность, а именно вероятность доставки сообщения до получателя. Однако существуют ситуации, в которых показатель вероятности того, что сообщение дойдет до принимающего устройства, может стремиться к нулю. Так, в случае нарушения или отсутствия соответствующей технической инфраструктуры сигнал просто не дойдет до ближайшего узла коммутации, как это может быть в случае природных или техногенных катастроф. Сети такого рода можно охарактеризовать как сети с задержками времени.

Для изменения ситуации в лучшую сторону предпринималось множество попыток разработать новые протоколы (правила передачи данных в сети), так как существующие традиционные протоколы с такой задачей не справляются. Передача данных может вообще не состояться и сообщение может не быть получено в силу особенностей существующих протоколов.

В настоящее время сценарий работы традиционных протоколов для работы сетей базируется на определенных предположениях. Так, одним из главных предположений, лежащих в основе стандартного протокола для компьютерных сетей ТСП/IP, является то, что время задержки на всем протяжении пути пакета от источника к месту назначения невелико. Для установления соединения в протоколе ТСП используется правило «3 – way handshake»: время установления соединения пропорционально значению времени задержки пакета в сети. Но если задержки времени являются достаточно большими, то, например, обычный браузер (средство просмотра страниц в Интернете), как правило, выдает сообщение об ошибке: «ошибка номер 403 – Ресурс не найден», – и информация не может быть получена пользователем.

Кроме того, следует заметить, что перед отправкой пакета в традиционных сетях необходимо осуществлять преобразование адреса из доменного имени в IP-адрес, а затем из IP-адреса в MAC-адрес. Такое преобразование предполагает наличие соответствующей инфраструктуры, а именно: определенных DNS-серверов, маршрутизаторов, шлюзов и

т.д. В случае, когда данная инфраструктура отсутствует, работоспособность сети будет нарушена практически на всех уровнях модели OSI, начиная с отсутствия связи на физическом уровне и заканчивая невозможностью работы приложений на верхнем уровне.

Трудности использования традиционных протоколов в сетях с задержкой времени касаются не только транспортного уровня и протокола TCP/IP, но и протоколов прикладного уровня. Так, в сетях с задержкой времени интерактивный обмен многочисленными сообщениями становится практически невозможным.

Для решения проблем TCP/IP протокола в сетях с большим временем задержки передачи сообщений разработан новый протокол сетевого уровня DTN (Disruption-Tolerant Networking), протокол передачи информации для сетей с задержками времени, предложенный Кевином Фолом [2]. DTN, изначально разработанный как протокол дальней космической связи, получает все большее применение и в обычных телекоммуникационных компьютерных сетях. В разработке протокола принимал участие Винт Серф (Vint Cerf), ныне вице-президент компании Google. Изначально DTN был задуман как «межпланетный интернет», а в данный момент представляет собой протокол для сетей с большим временем задержки сигнала [3]. Однако следует заметить, что традиционный протокол передачи данных прикладного уровня по семиуровневой модели OSI – HTTP не может решить возникающие в новых условиях проблемы, т.е. работать «поверх» DTN в DTN-сетях из-за своих особенностей, таких как многочисленные пары «запрос-ответ», необходимых для загрузки одной страницы. DTN существенным образом отличается от привычных протоколов (например TCP или UDP). Его особенностью является доставка данных вне зависимости от текущего состояния каналов связи. Для «классических» протоколов в случае невозможности доставки данных в «текущий» момент они удаляются. В DTN реализован иной принцип работы: «сохрани и передай» (Store and Forward) [4]. При получении данных для узла, в настоящий момент

находящегося вне зоны доступа, данные сохраняются. После нахождения маршрута до получателя (или самого получателя) данные передаются на следующий узел. Одновременно с разработкой подобных протоколов встает проблема оценки надежности и качества работы такой сети [5]. Очевидно, что модели надежности для сетей, работающих на традиционном TCP протоколе, в случае DTN сети не подходят. Итак, следует заметить, что если показатели надежности программной компоненты компьютерной сети можно рассчитать по существующей модели Х. Милса и З. Джелински, то с расчетом показателей надежности сетей, терпимых к задержкам времени, ситуация иная. Опишем подход к оценке надежности сетей.

В отличие от обычных сетей, в которых $T_o \leq T_{don}$, где T_o – это время доставки сообщения, а T_{don} – это допустимое время, определяемое сервером, в DTN сетях, T_o может стремиться к бесконечности. При рассмотрении надежности компьютерных сетей и их диагностики следует учитывать как надежность самого программного обеспечения, так и надежность технической инфраструктуры и коммуникационных линий сети. Надежность сети характеризуется, прежде всего, ее устойчивостью к сбоям, минимизацией времени для восстановления после сбоя. Сбои в телекоммуникационной сети могут быть как аппаратными, так и программными.

Для сравнения моделей надежности традиционных и DTN сетей, необходимо оценить реализацию одних и тех же функций. Однако сравнение сетей, построенных на традиционных протоколах передачи данных, и DTN сетей является нетривиальной задачей, т.к. в первом случае сообщение может вовсе не дойти до получателя, следовательно, показатель надежности стремится к нулю. Предлагается модифицировать модель надежности для DTN сети. В DTN сети также необходимо анализировать ее производительность.

Рассмотрим модели традиционной сети и сети DTN. В данном случае уместно рассмотреть сеть на основе теории графов. Согласно этой теории описание модели надежности телекоммуникационных сетей мо-

жет выглядеть следующим образом. Если описывать модель в терминах дискретного времени и событий, то событием в данном случае выступают генерация сообщения и изменение структуры сети. В рассматриваемой системе получение результатов основывается на использовании принципов множественного доступа с временным разделением с учетом особенностей протоколов передаваемой информации.

Пусть m – число сообщений в сети. Обозначим i и j – номера начальных и конечных узлов прохождения сообщения, k – P_q – вероятность доставки сообщения q . t_q – время генерации сообщения q .

$$\lambda_{ij}(t) = \begin{cases} 0, & \text{если нет прямого пути из } i \text{ в } j \\ 1, & \text{если есть прямой путь из } i \text{ в } j \end{cases}, \quad (1)$$

$$v_{ij}(t) = \begin{cases} 0, & \text{если нет пути из } i \text{ в } j \\ 1, & \text{если есть путь из } i \text{ в } j \end{cases}, \quad (2)$$

$$v_{ij}(t) = \max_{k \neq i, j} (\lambda_{ik} \cdot \lambda_{kj} \cdot \lambda_{ij}), \quad (3)$$

$$P_q^{TCP} = v_{ij}(t_q), \quad (4)$$

$$P_q^{DTN} = \max_r (v_{ij}(t_r)) \quad (5)$$

$$P_q^{DTN} \geq P_q^{TCP}. \quad (6)$$

Таким образом, для расчета вероятности доставки сообщений в телекоммуникационных сетях необходимо составить матрицы смежности и совместности узлов данной сети. Далее выбирается оптимальный путь, в случае его существования. Выбирается максимум в определенный момент времени. Формулы (4) и (5) позволяют рассчитывать вероятность доставки сообщений в традиционных сетях и сетях DTN соответственно.

Проанализировав предложенную модель, можно сделать вывод о том, что в традиционных сетях при отсутствии пути из одного узла в другой вероятность доставки сообщения стремится к нулю в данный момент времени. В сети DTN ситуация иная. Если в момент генерации сообщения нет пути из начального узла в конечный, то вероятность доставки сообщения не равна нулю. Поскольку узел ожидает, когда появится путь, и хранит необходимую информацию, при появлении пути вероятность принимает максимальное значение из всех каналов. Например, если

узел работает один час в сутки, то в традиционной сети вероятность доставки сообщения будет равна 1/24, а в сети DTN она примет значение 1.

В статье обоснована актуальность разработки характеристик DTN сетей для построения модели надежности функционирования данных сетей. Приведено главное отличие работы DTN сетей от традиционных телекоммуникационных сетей. Предлагается подход к определению диагностики работы и контроля надежности сетей, терпимых к задержке времени передачи информации. Основным результатом является разработка математической модели надежности DTN сети с использованием сравнения показателя надежности в традиционных телекоммуникационных сетях. В дальнейшем представляется интересным создание программного комплекса для диагностики телекоммуникационных DTN сетей и расчета их надежности. Представленная выше модель позволяет, таким образом, проектировать сети, терпимые к задержке времени, повышая показатели их надежности.

Библиографический список

1. ИСО/МЭК 9126 Информационные технологии. Оценка продукции программного обеспечения. Международная организация стандартов. – Женева, 1991. – С. 1–6.
2. Lloyd Wood, Peter Holliday, Daniel Floreani and Wesley M. Eddy, Sharing the dream, Workshop on the Emergence of Delay-/Disruption-Tolerant Networks (E-DTN), part of the International Conference on Ultra Modern Telecommunication (ICUMT), St. Petersburg, Russia, 14 October 2009, pp. 1–2.
3. Will Ivancic, Wes Eddy, Lloyd Wood, James Northam and Chris Jackson, Experience with delay-tolerant networking from orbit, International Journal of Satellite Communications and Networking, special issue for best papers of ASMS 2008, vol. 28, issues 5-6, September-December 2010, pp. 335–351.
4. Special issue on DTN, Journal of Communications, Vol 5, No 2 (2010), February 2010, pp. 106–130.
5. Lloyd Wood, Peter Holliday, Daniel Floreani and Ioannis Psaras, Moving data in DTNs with HTTP and MIME, Workshop on the Emergence of Delay-/Disruption-Tolerant Networks (E-DTN), part of the International Conference on Ultra Modern Telecommunication (ICUMT), St. Petersburg, Russia, 14 October 2009, pp. 1–4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПОМЕХ ПРИ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯХ

В.Ю. АРТЕМЬЕВ, ОАО «Научно-производственное объединение измерительной техники»,
 А.П. МОРОЗ, с. н. с. ОАО «Научно-производственное объединение измерительной техники»,
 д-р техн. наук

npoit@east.ru; apmoroz@mail.ru

Для применения предложенных в [1] методов компенсации помех, обусловленных различными наводками в информационных каналах телеметрической системы в целом, необходимо оценивать характер помех и их параметры. Для этого могут быть использованы методы, основанные на анализе энергетических спектров и взаимных

спектров информационных и зондирующих сигналов.

Структурная схема двух каналов бортовой и наземной аппаратуры N -канальной радиотелеметрической системы (РТС) с обозначением основных источников помех, действующих как в бортовой, так и в наземной частях РТС, представлена на рисунке.

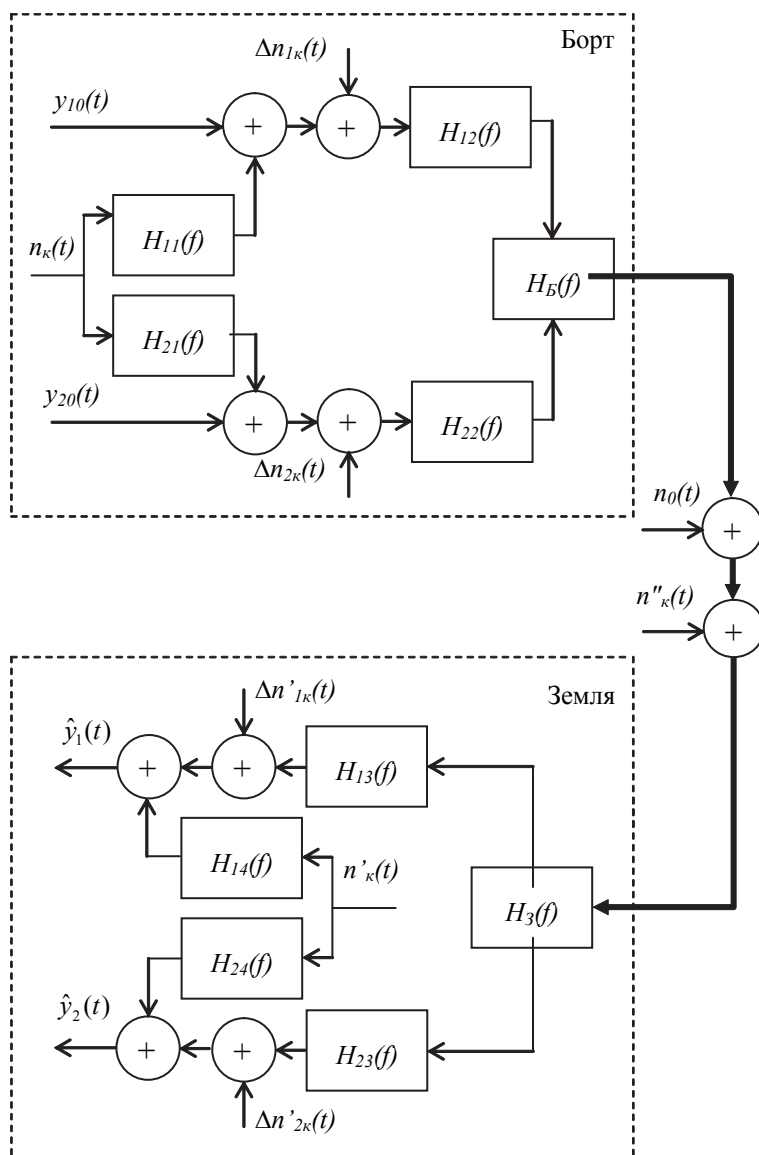


Рисунок. Основные виды помех в бортовой и наземной частях РТС

Для решения отмеченных задач, а также для выполнения операций масштабирования параметров помех измерительного и зондирующего каналов предлагается использовать следующий метод.

Оценим энергетические спектры $\hat{G}_{y1}(f), \hat{G}_{y2}(f)$ выходных напряжений $\hat{y}_i(t) \in (\hat{y}_1(t), \hat{y}_2(t))$ двух измерительных каналов РТС (рисунок)

$$\hat{G}_{y1}(f) = \{[G_{y10}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)|^2 + G_{\Delta n1\kappa}(f)]|H_{12}(f)|^2 |H_B(f)|^2 + G_{n0}(f) + G_{n''\kappa}(f)\} |H_3(f)|^2 \times |H_{13}(f)|^2 + G_{\Delta n'1\kappa}(f) + G_{n'\kappa}(f)|H_{14}(f)|^2$$

$$\hat{G}_{y2}(f) = \{[G_{y20}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{21}(f)|^2 + G_{\Delta n2\kappa}(f)]|H_{22}(f)|^2 |H_B(f)|^2 + G_{n0}(f) + G_{n''\kappa}(f)\} |H_3(f)|^2 \times |H_{23}(f)|^2 + G_{\Delta n'2\kappa}(f) + G_{n'\kappa}(f)|H_{24}(f)|^2$$

где $G_{y_{i0}}(f)$ – спектр полезного сигнала, телеметрируемого по i -му каналу, $i = 1, 2$;

$G_{n\kappa}(f)$ – спектр когерентных бортовых наводок;

$G_{\Delta n i \kappa}(f)$ – спектр индивидуальных наводок, возникающих в i -м канале бортовой подсистемы;

$G_{n0}(f)$ – спектр шумов радиотракта;

$G_{\Delta n' i \kappa}(f)$ – спектр индивидуальных наводок, возникающих в i -м канале наземной подсистемы;

$G_{n\kappa}(f)$ – спектр когерентных наводок, возникающих в наземной подсистеме;

$G_{n''\kappa}(f)$ – спектр когерентных наводок, проникающих в наземную подсистему через радиотракт;

$H_{i1}(f)$ – частотная характеристика тракта проникновения когерентной бортовой помехи в i -ый канал;

$H_{i2}(f)$ – частотная характеристика i -го канала бортовой подсистемы;

$H_{i3}(f)$ – частотная характеристика i -го канала наземной подсистемы;

$H_{i4}(f)$ – частотная характеристика тракта проникновения наземной когерентной помехи в i -тый канал наземной подсистемы;

$H_B(f)$ – эквивалентная частотная характеристика совмещенного тракта бортовой подсистемы;

$H_3(f)$ – эквивалентная частотная характеристика совмещенного тракта наземной подсистемы.

Оценим функцию когерентности $|\hat{y}_{y1y2}(f)|^2$ процессов, наблюдаемых на выходе обоих каналов

$$|\hat{y}_{y1y2}(f)|^2 = |\hat{G}_{y1y2}(f)|^2 [\hat{G}_{y1}(f)\hat{G}_{y2}(f)]^{-1}, \quad (3)$$

где $\hat{G}_{y1y2}(f)$ – оценка взаимного спектра процессов $\hat{y}_1(t), \hat{y}_2(t)$;

$\hat{G}_{yi}(f)$ – оценка энергетического спектра процесса $\hat{y}_i(t)$ на выходе i -го канала.

Определение функции когерентности можно найти в работе [2].

После подстановки значений $\hat{G}_{y1y2}(f), \hat{G}_{yi}(f)$ в выражение (3) оно принимает следующий вид

$$|\hat{y}_{y1y2}(f)|^2 = \frac{\{[[G_{y10y20}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)||H_{21}(f)||H_{12}(f)||H_{22}(f)]\}}{\{([G_{y10}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)|^2 + G_{\Delta n1\kappa}(f)]|H_{12}(f)|^2 |H_B(f)|^2 + G_{n0}(f) + G_{n''\kappa}(f)\}} \times \frac{|H_B(f)|^2 + G_{n''\kappa}(f)|H_3(f)|^2 |H_{13}(f)||H_{23}(f)| + G_{n'\kappa}(f)|H_{14}(f)||H_{24}(f)|\}^2}{|H_3(f)|^2 |H_{13}(f)|^2 + G_{\Delta n'\kappa}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{14}(f)|^2} \times \frac{1}{\{([G_{y20}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{21}(f)|^2 + G_{\Delta n2\kappa}(f)]|H_{22}(f)|^2 |H_B(f)|^2 + G_{n0}(f) + G_{n''\kappa}(f)\}} \times \frac{1}{|H_3(f)|^2 |H_{23}(f)|^2 + G_{\Delta n'2\kappa}(f) + G_{n'\kappa}(f)|H_{24}(f)|^2} \quad (4)$$

В общем случае анализ значений оценки (4) не позволяет получить полные сведения о характере и параметрах помех. В связи с этим для получения оценки $|\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2$ рекомендуется выбирать такие каналы РТС, в которых сигналы $y_{10}(t)$, $y_{20}(t)$ независимы или хотя бы один из сигналов $y_{i0}(t) \equiv 0$. В этом случае оценка $|\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2$ функции когерентности будет лучше характеризовать структуру и параметры помех.

Если указанные выше рекомендации по выбору каналов РТС выполнены и значение $|\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2$ равно единице, то выходные напряжения каналов обусловлены только когерентными помехами. В этом случае можно применять компенсацию как энергетических спектров, так и мгновенных значений напряжения помех. Предварительно необходимо выполнить операции масштабирования спектров помех при значениях $y_{i0}(t) \equiv 0$, а при использовании метода компенсации мгновенных значений напряжения помех – еще и операции фазирования помех различных каналов.

Масштабирование спектров помех выполняется следующим образом. При значении $|\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2 = 1$ оценим отношение $\hat{\beta}(f)$ значений спектральной плотности мощности (СПМ) помех обоих каналов следующим образом:

$$\hat{\beta}(f) = \hat{G}_{y_1}(f) [\hat{G}_{y_2}(f)]^{-1}.$$

В этом случае компенсация СПМ, при условии, что второй канал – зондирующий, может быть выполнена в соответствии с выражением

$$\hat{G}_{y_{10}}(f) = \hat{G}_{y_1}(f) - \hat{\beta}(f) \hat{G}_{y_2}(f).$$

Компенсация мгновенных значений напряжения помех может быть выполнена в соответствии с выражением

$$\hat{y}_{10}(t) = \hat{y}_1(t) - [\hat{\beta}(f)]^{0,5} y_2(t - \tau),$$

где τ – временной сдвиг между сигналами $\hat{y}_1(t)$, $\hat{y}_2(t)$.

При компенсации мгновенных значений напряжения помех необходимо предварительно сфазировать компенсируемое и компенсирующее напряжения. Для этого

предлагается оценить взаимную корреляционную функцию $\hat{R}_{y_1y_2}(\tau)$ напряжений $\hat{y}_1(t)$, $\hat{y}_2(t)$ при значениях $y_i(t) \equiv 0$ или при условии, что составляющие $y_{10}(t)$, $y_{20}(t)$ независимы. В этом случае максимальное значение оценки $\hat{R}_{y_1y_2}(\tau)$ будет соответствовать временному сдвигу τ между напряжениями $\hat{y}_1(t)$, $\hat{y}_2(t)$.

Если энергетический спектр $\hat{G}_{y_i}(f)$ содержит ряд гармонических составляющих, то операции фазирования и масштабирования помех для каждой когерентной наводки следует выполнять индивидуально.

Если значение функции когерентности оказывается небольшим ($|\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2 \ll 1$), это означает, что уровень когерентных помех существенно меньше уровня полезных сигналов или некогерентных помех. При таких условиях компенсация когерентных помех нецелесообразна.

Если же значение функции когерентности оказывается достаточно велико ($0 < |\hat{\gamma}_{y_1y_2}(f)|^2 < 1$), то необходимо провести дополнительный анализ структуры и параметров помех. Для решения этой задачи, прежде всего, необходимо устранить влияние помех, возникающих в наземной подсистеме. С этой целью оценим значение функции когерентности $|\hat{\gamma}_{z_{y_1y_2}}(f)|^2$ выходных напряжений каналов наземной подсистемы в режиме, когда вход приемника отключен от приемной антенны. В этом случае выражение (4) принимает вид (5)

Если значения оценки функции когерентности (5) малы ($|\hat{\gamma}_{z_{y_1y_2}}(f)|^2 \ll 1$), то это означает, что в приемной подсистеме когерентные помехи несущественны. Если же на определенных частотах значение оценки функции когерентности (5) достаточно велико ($0 < |\hat{\gamma}_{z_{y_1y_2}}(f)|^2 < 1$), то необходимо обнаружить источники когерентных помех и устранить их влияние.

Как показали экспериментальные исследования, в наземной подсистеме основным источником когерентных помех

$$|\hat{\gamma}_{z_{y_1y_2}}(f)|^2 = \frac{[G_{n\kappa}(f) |H_{14}(f)| |H_{24}(f)|]^2}{[G_{\Delta n' \kappa}(f) + G_{n' \kappa}(f) |H_{14}(f)|^2][G_{\Delta n' 2\kappa}(f) + G_{n' \kappa}(f) |H_{24}(f)|^2]}. \quad (5)$$

обычно является сетевое напряжение питания.

После устранения влияния в наземной подсистеме источников когерентных помех необходимо оценить энергетические спектры (1), (2) выходных напряжений каналов при отключенной антенне. Это позволит оценить параметры некогерентных помех, возника-

ющих в наземной аппаратуре РТС. Наличие всплесков в спектре означает, что на этих частотах действуют источники индивидуальных наводок. Эти источники необходимо выявить и устранить их влияние.

Затем подключают антенну и, не включая бортовой передатчик, оценивают значение функции когерентности $|\hat{\gamma}_{30y1y2}(f)|^2$

$$|\hat{\gamma}_{30y1y2}(f)|^2 = \frac{G_{n''_k}(f) |H_3(f)|^2 |H_{13}(f)| |H_{23}(f)| + G_{n'_k}(f) |H_{14}(f)| |H_{24}(f)|^2}{(\{G_{n_0}(f) + G_{n''_k}(f)\} |H_3(f)|^2 |H_{13}(f)|^2 + G_{\Delta n'_k}(f) + G_{n'_k}(f) |H_{14}(f)|^2)} \times \frac{1}{(\{G_{n_0}(f) + G_{n''_k}(f)\} |H_3(f)|^2 |H_{23}(f)|^2 + G_{\Delta n'_{2k}}(f) + G_{n'_k}(f) |H_{24}(f)|^2)}.$$

Если окажется, что на определенных частотах выполняется неравенство

$$|\hat{\gamma}_{30y1y2}(f)|^2 > |\hat{\gamma}_{3y1y2}(f)|^2,$$

это означает, что в антенне или в окружающем пространстве имеется источник когерентных помех $n''_k(t)$. Необходимо выявить

этот источник и постараться исключить его влияние.

После этого оценивают отношение $\hat{\beta}_1(f)$ энергетических спектров шумов $n_0(t)$ и наземных индивидуальных наводок $\Delta n'_{1k}(t)$, $\Delta n'_{2k}(t)$ двух каналов

$$\hat{\beta}_1(f) = \frac{G_{n_0}(f) |H_3(f)|^2 |H_{13}(f)|^2 + G_{\Delta n'_{1k}}(f)}{G_{n_0}(f) |H_3(f)|^2 |H_{23}(f)|^2 + G_{\Delta n'_{2k}}(f)} = \frac{\hat{G}_{31}(f)}{\hat{G}_{32}(f)}.$$

Отличие на определенных частотах значений оценки $\hat{\beta}_1(f)$ от единицы означает либо неидентичность исполнения каналов наземной аппаратуры РТС, либо наличие в ней существенных индивидуальных наводок $\Delta n'_{1k}(t)$, $\Delta n'_{2k}(t)$. Необходимо выявить источники индивидуальных наводок и снизить их влияние.

После этого можно приступить к определению параметров помех во время подготовки испытываемого изделия к пуску с включенным бортовым передатчиком. В этом случае значения телеметрируемых по быстромменяющимся параметрам процессов $y_{i0}(t) \equiv 0$ (вибрационные, акустические, переходные процессы и иные динамические нагрузки отсутствуют) и с борта передаются только помеховые составляющие $n_k(t)$, $\Delta n_{ik}(t)$. Для определенности в дальнейшем будем считать, что второй канал – зондирующий. Скомпенсировав энергетические спектры наземных помех обоих каналов и шумов, получим уточненные оценки $\hat{G}_{y1-}(f)$, $\hat{G}_{y2-}(f)$ спектров бортовых помех

$$\hat{G}_{y1-}(f) = \hat{G}_{y1}(f) - \hat{\beta}_1(f) \hat{G}_{32}(f), \quad (6)$$

$$\hat{G}_{y2-}(f) = \hat{G}_{y2}(f) - \hat{G}_{32}(f). \quad (7)$$

После подстановки значений $\hat{G}_{yi}(f)$, $\hat{G}_{32}(f)$, $\hat{\beta}_1(f)$ выражения (6), (7) принимают вид

$$\begin{aligned} \hat{G}_{y1-}(f) &= [G_{nk}(f) |H_{11}(f)|^2 + G_{\Delta n_{1k}}(f)] \times \\ &\times |H_{12}(f)|^2 |H_B(f)|^2 |H_3(f)|^2 |H_{13}(f)|^2; \\ \hat{G}_{y2-}(f) &= [G_{nk}(f) |H_{21}(f)|^2 + G_{\Delta n_{2k}}(f)] \times \\ &\times |H_{22}(f)|^2 |H_B(f)|^2 |H_3(f)|^2 |H_{23}(f)|^2. \end{aligned}$$

Если в наземной подсистеме действие источника когерентных помех $n_k(t)$ устранено, уточненная оценка $|\hat{\gamma}_{y1y2-}(f)|^2$ функции когерентности может быть представлена в виде

$$|\hat{\gamma}_{y1y2-}(f)|^2 = \frac{|\hat{G}_{y1y2-}(f)|^2}{[\hat{G}_{y1-}(f) \hat{G}_{y2-}(f)]^{-1}}. \quad (8)$$

После подстановки значений $\hat{G}_{y1y2-}(f)$, $\hat{G}_{y1-}(f)$, $\hat{G}_{y2-}(f)$ в выражение (8) оно принимает вид

$$|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 = \frac{[G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)| |H_{21}(f)|]^2}{[G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)|^2 + G_{\Delta n_{1\kappa}}(f)[G_{n\kappa}(f)|H_{21}(f)|^2 + G_{\Delta n_{2\kappa}}(f)]}. \quad (9)$$

Если значения оцененной по (9) функции когерентности близки к единице ($|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 \approx 1$), то основным видом бортовых помех являются когерентные наводки. В этом случае можно применить метод компенсации энергетических спектров помех. Для этого предварительно необходимо выполнить операции масштабирования спектров помех информационного и зондирующего каналов. С этой целью оценим отношение энергетических спектров бортовых помех каналов РТС следующим образом:

$$\hat{\beta}_B(f) = \hat{G}_{y_{1-}}(f)[\hat{G}_{y_{2-}}(f)]^{-1}. \quad (10)$$

Подставив в (10) значения $\hat{G}_{y_{1-}}(f)$, $\hat{G}_{y_{2-}}(f)$ и учитывая, что при выполнении условия $|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 \approx 1$ справедливо неравенство

$$G_{n\kappa}(f)|H_{i1}(f)|^2 \gg G_{\Delta n_{i\kappa}}(f),$$

получаем выражение

$$\hat{\beta}_{B1}(f) = [\hat{G}_{n_{1\kappa}}(f)][\hat{G}_{n_{2\kappa}}(f)]^{-1}$$

отношения энергетических спектров когерентных бортовых наводок, наблюдаемых на выходе каналов наземной подсистемы

$$\hat{\beta}_{B1}(f) = \frac{|H_{11}(f)|^2 |H_{12}(f)|^2 |H_{13}(f)|^2}{|H(f)_{21}|^2 |H_{22}(f)|^2 |H_{23}(f)|^2}. \quad (11)$$

В выражении (11) все входящие в него сомножители, кроме $|H_{11}(f)|$, $|H_{21}(f)|$, могут быть определены априорно. Показатель $\hat{\beta}_{B1}(f)$ позволяет оценить отличия энергетических спектров когерентных бортовых наводок, наблюдаемых по информационному и зондирующему трактам. Отличия спектров этих помех обусловлены различным влиянием общего источника помех $n_{\kappa}(t)$ на каналы (при условии идентичности частотных характеристик каналов). В этом случае компенсация энергетических спектров бортовых когерентных наводок при испытании может быть выполнена следующим образом:

$$\hat{G}_{y_{10}}(f) = \hat{G}_y(f) - \hat{\beta}_{B1}(f)\hat{G}_{n_{2\kappa}}(f). \quad (12)$$

Из (12) получаем:

$$\begin{aligned} \hat{G}_{y_{10}}(f) = \{ & [G_{y_{10}}(f) + G_{n\kappa}(f)|H_{11}(f)|^2 + \\ & + G_{\Delta n_{1\kappa}}(f)|H_{12}(f)|^2 |H_B(f)|^2 + G_{n_0}(f) + \\ & + G_{n''\kappa}(f)|H_3(f)|^2 \times |H_{13}(f)|^2 + G_{\Delta n'_{1\kappa}}(f) + \\ & + G_{n'\kappa}(f)|H_{14}(f)|^2 - \hat{\beta}_{B1}(f)\hat{G}_{n_{2\kappa}}(f) \}. \end{aligned}$$

Если значение оценки (12) функции когерентности мало ($|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 \ll 1$), то на борту в одном или обоих каналах имеются существенные индивидуальные наводки $\Delta n_{i\kappa}(t)$. В этом случае применять компенсационные методы нецелесообразно.

Отметим еще одну возможность применения функции когерентности при оценивании параметров помех. Предлагается использовать оценку функции когерентности для локализации места нахождения источника когерентных помех. Для решения этой задачи необходимо последовательно оценить функции когерентности $|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2$ сигналов различных пар каналов РТС. Если для некоторых пар каналов значения оценок оказываются близкими к единице ($|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 \approx 1$), это свидетельствует о наличии в выходных напряжениях этих каналов когерентных помех (при независимости сигналов $y_{10}(t)$, $y_{20}(t)$ или равенстве нулю их значений). Проанализировав значения оценок функций когерентности всех пар каналов, можно приступить к определению области пространства, в которой кабельные линии РТС или иные ее элементы расположены рядом или имеют общий тракт. Источник когерентных помех будет находиться в этой области или вблизи ее. Используя сведения о топологии трактов, для которых значения оценок функции когерентности малы ($|\hat{\gamma}_{y_1 y_2}(f)|^2 \ll 1$), можно аналогичным образом определить область пространства, в которой отсутствуют источники когерентных помех.

Сопоставляя эти две области, можно существенно уменьшить неопределенность о

местах нахождения источников когерентных помех, даже если они действуют одновременно на нескольких частотах.

При реализации рассмотренных методов контроля достоверности спектральных составляющих телеметрируемых процессов и методов анализа структуры помех необходимо получать оценки энергетических спектров. Для уменьшения объема вычислений и тем самым повышения эффективности РТС рекомендуется применять теоремы об остатках и теоретико-числовые преобразования в алгоритмах спектрального анализа.

Выводы

Метод основан на оценивании нормированных взаимных спектров (функции когерентности) процессов наблюдаемых информационных и зондирующих сигналов. Показано, что в общем случае анализ значений оценки не позволяет получить полные сведения о характере и параметрах помех. В связи с этим для получения оценки функции когерентности рекомендуется выбирать такие каналы радиотелеметрической системы, в которых измерительные сигналы статистически независимы. В этом случае оценка функции когерентности будет лучше характеризовать структуру и параметры помех.

Если указанные выше рекомендации по выбору каналов РТС выполнены и значение функции когерентности равно единице, то выходные напряжения каналов обусловлены только когерентными помехами. В этом случае можно применять компенсацию как

энергетических спектров, так и мгновенных значений напряжения помех. Предварительно необходимо выполнить операции масштабирования спектров помех, а при использовании метода компенсации мгновенных значений напряжения помех – еще и операции фазирования помех.

Если значение функции когерентности оказывается небольшим, это означает, что уровень когерентных помех существенно меньше уровня полезных сигналов или некогерентных помех.

Если же значение функции когерентности оказывается достаточно велико, то необходимо провести дополнительный анализ структуры и параметров помех.

Как показали экспериментальные исследования, в наземной подсистеме основным источником когерентных помех обычно является сетевое напряжение питания.

Предлагается использовать оценку функции когерентности для локализации места нахождения источника когерентных помех.

Библиографический список

1. Артемьев, В.Ю. Компенсационный метод анализа спектров искаженных быстроменяющихся параметров при летных испытаниях изделий: Доклад III всероссийской НТК «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» 1 – 3.06.2010 г. / В.Ю. Артемьев, А.П. Мороз. – М.: Российские космические системы, – 19 с.
2. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: Пер. с фр. / Ж. Макс. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 312 с. Т. 2. – 256 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ

В.Н. ПЕТРОВ, *проф. каф. лесной политики, экономики и управления СПбГЛТА, д-р экон. наук,*
В.Е. ТЮРИН, *асп. каф. экономики и управления деревоперерабатывающих производств СПбГЛТА*

wladimirpetrov@mail.ru

Лесному хозяйству присущи экономические особенности организации, которых нет ни в каком другом производстве, они требуют применения специального понятийного аппарата.

Современное лесное хозяйство – это организованный на определенной территории вид экономической деятельности, носящий комплексный характер. Под экономическим механизмом лесных отношений понимается организация экономических отношений в процессе производства, определяемая порядком планирования, расходования и финансирования средств [1, 2].

По данным В.Н. Петрова [1], лесное хозяйство «подшло к качественно новой фазе развития – рыночным отношениям», однако реформирование не коснулось экономической сущности хозяйственного механизма. Так, финансирование лесного хозяйства осуществляется по-прежнему по остаточному принципу, выделяемые субвенции не связаны с результатами деятельности, показатели на планируемый год не увязаны с регламентами лесничеств и т.д. [1]. Поэтому целью данной работы является разработка основных направлений, позволяющих преодолеть отмеченные недостатки.

Для реализации поставленной цели следовало решить следующие задачи: выявить причины негативных последствий разгосударствления и разработать теоретические принципы и подходы к ликвидации негативных сторон реформирования лесной экономики.

Анализ функционирования лесничеств за четыре года после принятия нового Лесного кодекса показал, что экономическая деятельность на локальном уровне по своей сути не изменилась, а результативность снизилась из-за реструктуризации лесохозяйственных организаций [1, 2].

Рассмотрим по порядку изменения элементов экономического механизма.

В планировании произошли значительные изменения, но только в области перспективного планирования. Лесные планы субъектов Российской Федерации, регламенты лесничеств и планы рубок лесопользователей разрабатываются сроком на 10 лет. В новом лесном законодательстве реформирование текущего планирования вообще не рассматривалось, поэтому при разработке годовых планов в лесничествах используются ранее действовавшие методики.

Практически годовое планирование протекает по следующему сценарию: Рослесхоз, получив бюджетные средства, распределяет их между субъектами Российской Федерации, последние распределяют их между лесничествами, которые затем занимаются подгонкой выделенных средств под объемы работ, которые могут быть выполнены в плановом году, то есть продолжается пагубная практика распределения средств сверху вниз. Все законы экономики гласят, что все должно быть наоборот. Только на местах, в лесничествах могут быть установлены объективно необходимые объемы лесохозяйственных работ и мероприятий, при этом правильно расставлены акценты и последовательность их выполнения.

При создании новой системы планирования не следует забывать особенности экономической организации лесного хозяйства и влияние на нее целой серии специфических факторов.

Лесное хозяйство представляет собой хозяйственный процесс, объектом которого является лес, а субъектом выступает человек [2]. Лес как объект хозяйственной деятельности предполагает проведение комплекса лесохозяйственных и лесопромышленных мероприятий независимо от форм и методов управления лесным хозяйством.

В большей степени на содержание и характер этих функций (как видно из рис. 1) влияют объективные и субъективные факторы, представленные:

- биологическими законами развития леса;
- социально-экономическими законами развития региона и страны в целом;
- экологическими требованиями общества.

На сущность функций леса в меньшей степени оказывают влияние структурно-административные факторы, однако от оптимальной структуры последних зависят объемы и качество выполняемых мероприятий.

Последняя реорганизация системы управления лесным хозяйством строилась на переориентации функций в лесном хозяйстве: производственные функции были выделены и переданы коммерческим организациям; управленческие функции были усилены контрольными и закреплены за лесничествами, которые явились правопреемниками бывших лесхозов.

Система экономической организации в лесном хозяйстве получила название сметно-бюджетной, ведущее место в этой системе занимает планирование. Сущность этой системы состоит в том, что затраты на проведение мероприятий, работ и услуг планируются, для чего составляются сметы на их выполнение с указанием источников финансирования этих затрат (бюджетных и внебюджетных).

Преимущества и недостатки этой системы довольно полно раскрыты в трудах В.А. Ильина [4], В.Н. Петрова [2, 4], С.А. Кораблева [5] и др. авторов [2, 3]. Также отмечается, что эта система зародилась еще в 1924 г. и применяется до настоящего времени, и за этот длительный период по сути осталась прежней.

В период становления нового лесного законодательства делается попытка избавиться от ошибок этой системы, но экономическая основа ее не меняется: затраты на выполнение мероприятий и услуг планируются и возмещаются в плановом объеме как из федерального бюджета в виде субвенций, так и из внебюджетных источников, однако система

планирования значительно осложнена, поскольку должна быть увязана по многим исполнителям и направлениям деятельности.

Центральным звеном в плановой системе была и остается лесохозяйственная программа (ЛХП), определяющая натуральные и стоимостные объемы продукции, мероприятий и услуг, обеспеченных источниками финансирования, которые необходимо выполнить на заданной лесной территории в установленный период времени.

Место ЛХП при формировании экономических отношений в лесном хозяйстве показано на рис. 2.

На формирование ЛХП влияет природа, труд и капитал, включающий продукцию и услуги, реализация которых должна осуществляться по стоимости, включающей постоянные затраты (C), переменные затраты (V) и прибавочный продукт (m), представляющий собой лесную ренту и прибыль лесопользователя.

Формируется лесохозяйственная программа на локальном уровне (в лесничествах), поскольку лесные площадки территориально закреплены за ними. На региональном и федеральном уровнях лесохозяйственные программы представляют собой агрегированную совокупность показателей производственных программ лесничеств.

Основополагающее влияние на ЛХП оказывают потребности общества в полезностях леса и биологические законы развития лесных ресурсов.

Принятый Россией курс устойчивого управления лесами требует такого управления, чтобы запасы лесных ресурсов не уменьшались, а в результате умелого управления прирастали, для этого должна быть разработана и внедрена система эффективного лесовосстановления на вырубаемых территориях. Потребность общества не замыкается на древесных ресурсах, в жизни людей находят место все виды пользования лесом, возрастает потребность в рекреационном пользовании, в создании и сохранении различных экосистем. Значит, чтобы воспроизводить лесные ресурсы лучшего качества, необходимо в требуемом объеме производить лесные культуры,

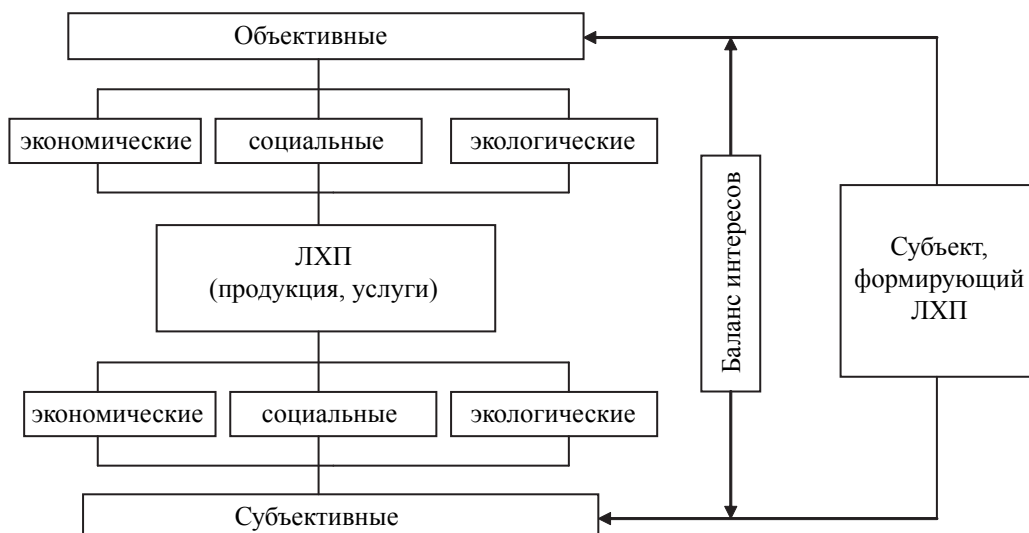


Рис. 1. Факторы, влияющие на формирование лесохозяйственной программы на локальном уровне

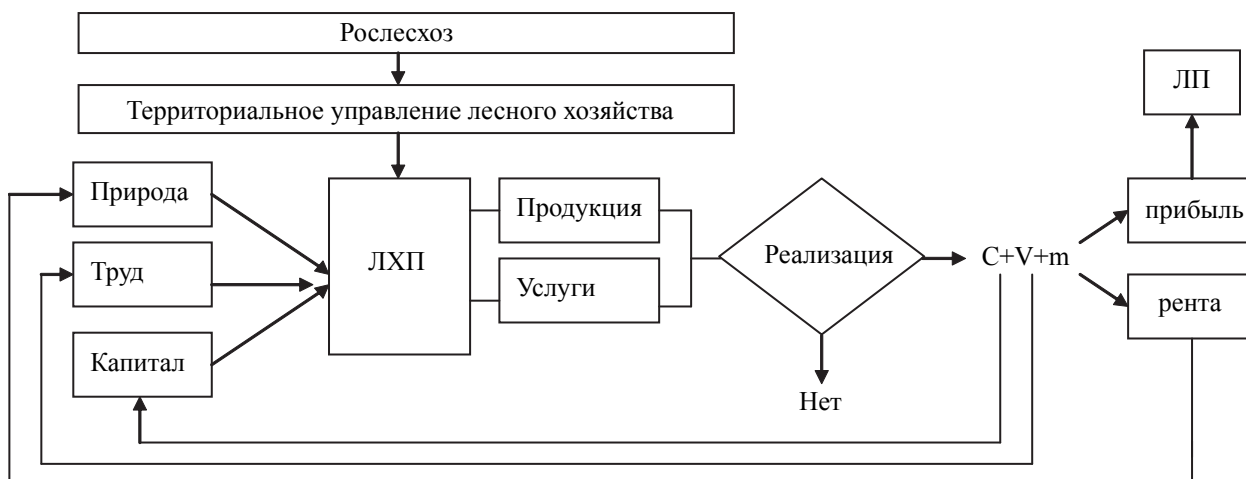


Рис. 2. Место ЛХП при формировании экономических отношений в лесном хозяйстве



Рис. 3. Место и роль ЛХП при разгосударвлении работ и мероприятий в лесном хозяйстве

рубки ухода за молодыми лесами, проходные и санитарные рубки, то есть способствовать воспроизводству лесов лучшего качества. Все это формирует лесохозяйственную программу, на этом уровне она устанавливается по потребности (необходимости) обустройства леса.

Однако императивные факторы (административно-правовое регулирование) и противоположные им диспозитивные факторы (рыночные законы) вносят ограничения и корректировки в формирование лесохозяйственной программы, которые, по нашему мнению, состоят в следующем.

1. Ограниченные возможности бюджетного финансирования снижают объемные показатели ЛХП, в результате потребности выше возможностей.

2. Интересы коммерческих предприятий зачастую противоположны лесоводственным правилам, особенно при выполнении рубок ухода за лесом, когда объемы вырубленной древесины завышаются и вырубляются ценные насаждения, не подлежащие рубке.

3. Последняя реформа управления привела к тому, что лесохозяйственные мероприятия, работы и услуги распределены по разным исполнителям (лесничества, лесопользователь, коммерческий лесхоз), и это прежде всего отразится на качестве их выполнения, несмотря на усиление контрольных функций.

4. Усложняется контроль за выполнением показателей производственной программы в различных условиях хозяйствования.

Учесть все указанные особенности формирования ЛХП возможно только при условии, что в основу будут положены не виды работ, а лесохозяйственная продукция, услуги, мероприятия. В этом случае экономический механизм, представленный на рис. 3, будет работать следующим образом.

Лесохозяйственная программа разрабатывается лесничеством с учетом лесорастительных и территориальных особенностей. Для каждого вида продукции (услуги, мероприятия) разрабатывается нормативно-технологическая карта (НТК), где обосновываются

затраты, полная себестоимость, цена единицы продукции (услуги, мероприятия) при условии выполнения работ по проектируемому технологическому процессу.

Вторая часть нормативно-технологической части должна содержать качественные параметры, которые должны быть достигнуты согласно стандартам, ГОСТам, техническим условиям.

Методика разработки таких НТК давно разработана и апробирована на практике [2, 4]. Далее лесничество распределяет объемы продукции, услуг, мероприятий на плановый год по исполнителям, корректируя объемы с учетом выделенных субвенций. С каждым исполнителем отношения регулируются договором, к которому прилагаются НТК по видам продукции, услуг, мероприятий, передаваемым исполнителям.

Для государственных организаций (лесничество, лесопарк) разрабатываются регламенты, определяющие порядок и виды управленческой деятельности и контрольных функций.

Контроль за расходованием средств и качеством создаваемой продукции лесхоз осуществляет на основе письменного документа – НТК, в ином случае контрольные функции в полном объеме лесничество выполнить не в состоянии. Это вполне понятно и объяснимо, однако в процессе реформы этот путь был отвергнут, в результате половинчатые решения привели к негативным результатам от реформирования экономики лесного хозяйства [1, 3].

Лесничества доводят свои лесохозяйственные программы до вышестоящей организации (комитета, агентства, управления при правительстве субъекта РФ), где программы обобщаются, корректируются и обосновывается объем финансирования, заявка на который доводится до Рослесхоза. Безусловно, Рослесхоз оставляет за собой право корректировки объемов финансирования, и, очевидно, первое время корректироваться они будут в сторону снижения, однако только при таком планировании – снизу вверх – кабинетные работники будут иметь объективную информацию о состоянии и процессах российского леса.

На первом этапе формирования ЛХП, когда лесничествам необходимо будет разработать большое количество НТК, вышестоящие организации могут оказать помощь путем разработки типовых технологических карт (ТТК) и типовых регламентов, довести их до лесничеств с дальнейшей привязкой к местным условиям.

Выводы

Из вышесказанного вытекают следующие направления совершенствования лесной экономики:

- в основу формирования лесохозяйственной программы должны быть положены виды лесохозяйственной продукции, услуг, мероприятий;
- формирование лесохозяйственных программ должно осуществляться на локальном уровне, в лесничествах, лесопарках;
- для всех видов работ (услуг, мероприятий) должны быть разработаны НТК;
- показатели ЛХП должны быть в полной мере отражены в планах хозяйствующих субъектов (лесничество, лесопользователи,

иные хозяйствующие субъекты) путем приложения НТК к договорам;

– оценка качества ЛХП должна осуществляться на основе анализа поступающей в лесничество информации о выполнении планов, для чего должен быть отлажен механизм информационного обмена между хозяйствующими субъектами.

Библиографический список

1. Петров, В.Н. Экономический механизм лесных отношений / В.Н. Петров // Лесинформ. – 2010. – № 2. – С. 16–20.
2. Петров, В.Н. Экономико-правовые отношения в управлении лесами и лесохозяйственном производстве / В.Н. Петров, В.А. Ильин, В.И. Гавриленко и др. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 200 с.
3. Петров, А.П. Уроки осуществленных реформ и стратегия последующих действий / А.П. Петров // Лесная газета. – 2010. – № 85–87.
4. Ильин, В.А. Экономическая организация охраны, защиты, управления лесами в условиях хозрасчета: текст лекций / В.А. Ильин, В.Н. Петров. – Л.: ЛТА, 1990. – 56 с.
5. Показатели оценки деятельности по управлению лесами и лесохозяйственного производства: автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / С.А. Кораблев. – СПб., 2008. – 20 с.

МЕТОД ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА К ЗАКОНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ ПОСТУПЛЕНИЕМ ЗАЯВОК

Р.В. СУСОВ, инженер-программист, преподаватель каф. вычислительной техники МГУЛ,
В.В. БАГАТУРИЯ, асс. каф. стратегического маркетинга МГУЛ

susovroman@mail.ru; bagaturiya@mail.ru

Инновационная экономика предъявляет повышенные требования к эффективности функционирования организаций, поэтому создание эффективно функционирующей организации – одна из основных задач, стоящих перед современным менеджментом. Одним из наиболее передовых методов управления организацией, позволяющим достичь наибольшей эффективности, является так называемый процессный подход к управлению, заключающийся в выделении в организации цепочек бизнес-процессов и управления этими процессами для достижения максимальной эффективности деятельности

организации. Бизнес-процесс представляет собой непрерывную серию задач (функций), решение которых осуществляется с целью создания выхода (результата). От эффективности бизнес-процессов зависит эффективность работы организации в целом, поэтому каждый управляемый бизнес-процесс должен быть мало затратным по времени и стоимости. Для исследования бизнес-процессов с точки зрения их эффективности применяется имитационное моделирование. Методы имитационного моделирования позволяют генерировать конкретные случаи выполнения бизнес-процессов на заданном интервале

времени и проводить анализ показателей, полученных по результатам моделирования.

Представление бизнес-процесса как системы массового обслуживания

Имитационная модель бизнес-процесса может быть представлена как СМО (система массового обслуживания) – система, в которую в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания [1]. Входной поток заявок характеризуется интенсивностью поступления заявок λ и законом распределения вероятностей моментов поступления заявок в систему [2]. Поток заявок называется стационарным, если его вероятностные характеристики не зависят от времени. Поток заявок называется потоком без последствий, если для двух любых непересекающихся участков времени T_1 и T_2 – число событий, попадающих на один из них, не зависит от числа событий, попадающих на другие. Поток заявок называется ординарным, если вероятность попадания на малый участок времени Δt двух и более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одного события [3]. Если поток заявок одновременно стационарен, ординарен и не имеет последствий – он называется простейшим или пуассоновским [3]. Случайный характер потока заявок, а также, в общем случае, длительности обслуживания приводит к тому, что в СМО происходит случайный процесс. По характеру случайного процесса, происходящего в СМО, различают марковские и немарковские системы [1]. В марковских системах входящий поток заявок является пуассоновским. Для пуассоновского потока вероятность $P_k(t)$ наступления события за интервал времени длиной t записывается следующим образом

$$P_k(t) = e^{-\lambda t} ((\lambda t)^k / k!),$$

где e – основание натурального логарифма;

λt – среднее число заявок, поступивших на обслуживание за интервал t ;

k – число заявок за интервал t .

Функция плотности распределения вероятности этого потока будет

$$f(z) = \lambda e^{-\lambda z}, \lambda = 1 / t,$$

где λ – интенсивность или плотность потока.

Отметим, что для простейшего пуассоновского потока промежутки между двумя событиями распределены по экспоненциальному закону [4].

Пуассоновские потоки позволяют легко построить математическую модель системы массового обслуживания, поэтому большинство известных приложений теории массового обслуживания используют марковскую схему [1]. В связи с этим существуют достаточное количество способов получения пуассоновских потоков однородных заявок, обладающих свойствами стационарности при отсутствии последствий [5–6]. Вместе с тем можно утверждать, что применение пуассоновских потоков случайных заявок при имитационном моделировании на основе СМО сложных объектов, таких как бизнес-процесс, неэффективно, и, как правило, создает ошибочное представление о функционировании объекта, поэтому использование пуассоновских потоков в чистом виде неприемлемо [2]. Это означает, что если используется какой-либо входной поток, закон распределения которого можно записать в аналитической форме, то он должен быть по крайней мере преобразован в поток, учитывающий все необходимые факторы, воздействующие на конкретную СМО. После этого поток становится неоднородным, нестационарным и с последствием, т.е. немарковским, что значительно усложняет задачу получения аналитического выражения закона распределения его вероятностей, а также задачу исследования СМО [1], т.к. при нарушении требования простейшего потока поступления заявок в систему общих аналитических методов исследования таких систем не существует [3]. В случаях, когда для анализа СМО аналитические методы неприменимы, используют универсальный метод статистического моделирования (метод Монте-Карло) [8]. Согласно методу Монте-Карло, вместо аналитического описания СМО, перебирают все возможные реализации СМО с различными параметрами с помощью специально организованной процедуры, сохраняя при этом те же харак-

теристики распределения [3]. Это множество реализаций можно использовать как искусственно полученный статистический материал, который обрабатывается обычными методами математической статистики. После такой обработки могут быть получены приближенно любые характеристики СМО [3].

При этом можно легко провести анализ чувствительности модели, что подразумевает анализ влияния на выходную переменную небольших изменений различных параметров модели или ее входов. Исследование чувствительности модели может существенно помочь в определении степени доверия к ней и проверить справедливость принимаемых нами решений при изменении среды, в которой работает модель. Учитывая, что значительная часть данных, на основе которых строится модель бизнес-процессов, часто неточна, необходимо знать, при каком разбросе этих данных сохраняется справедливость основных выводов, сделанных по результатам моделирования [3]. Если выходы модели сравнительно мало чувствительны к изменению входных параметров, то нет необходимости заботиться об их точности. В то же время, если выходы модели оказываются высокочувствительны по отношению к некоторым входным параметрам модели, то имеет смысл потратить время и средства, чтобы получить более точные измерения и оценки этих параметров [3]. При многократном прогоне модели бизнес-процесса, если входной поток заявок представлен вероятностным распределением, возникает вопрос из области тактического планирования эксперимента, сколько выборочных значений необходимо взять, чтобы обеспечить достаточную статистическую значимость [3]. Для ответа на этот вопрос применяются методы статистического анализа, многие из которых используют предположение о независимости и нормальном распределении откликов модели. Это предположение основано на применении центральной предельной теоремы теории вероятностей, сущность которой состоит в утверждении, что распределение случайной величины X , являющейся суммой большого числа независимых случайных величин с

одинаковым распределением вероятностей, близко к нормальному распределению. В [9, 10] показано, что требования независимости и одинаковой распределенности не являются обязательными. Таким образом, для того чтобы отклик имитационной модели бизнес-процесса был распределен нормально, часто бывает достаточно, чтобы отклик представлял собой сумму большого числа небольших эффектов [3]. В условиях применимости центральной предельной теоремы мы можем использовать для определения объема выборки, необходимой для оценки параметров модели с заданной точностью, метод доверительных интервалов. Формально это выглядит следующим образом. Необходимо определить размер выборки, чтобы построить такую оценку \bar{X} истинного среднего значения μ совокупности, что $P\{\mu - d \leq \bar{X} \leq \mu + d\} = 1 - \alpha$, где \bar{X} – выборочное среднее, $(1 - \alpha)$ – вероятность того, что интервал $\mu \pm d$ содержит \bar{X} . В [3] показано, что если выборочные значения распределены нормально, $p = (\sigma Z_{\alpha/2})^2 / d^2$, где σ – стандартное отклонение, $Z_{\alpha/2}$ – двусторонняя стандартная нормальная статистика, d – доверительный интервал, $Z_{\alpha/2}$ выбирается исходя из требуемой степени достоверности, из таблицы нормального распределения.

Идентификация закона распределения вероятностей, характеризующего длительность интервалов между поступлением заявок

Для имитационных моделей бизнес-процессов, представленных как СМО и использующих случайные процессы, требования стационарности, отсутствия последствия и ординарности не являются обязательными. Наоборот, случайные процессы реальных бизнес-процессов в подавляющем большинстве случаев не отвечают данным требованиям, и поэтому построение эффективной модели требует адекватного отображения этих случайных процессов. В связи с этим всегда возникает вопрос, следует ли применять непосредственно эмпирические данные или нужно воспользоваться одним из теоретических распределений. Этот вопрос важен и фундаментален по трем причинам. Во-первых, использование эмпири-

ческих данных обладает одним существенным недостатком, т.к. при этом подразумевается, что моделируется только прошлое, и, следовательно, делается допущение, что основная форма распределения вероятностей останется неизменной во времени, и что ее особенности, относящиеся к определенному периоду времени, будут повторяться [7]. Во-вторых, использование теоретического распределения в большинстве случаев дает лучшие результаты с точки зрения затрат машинного времени, что существенно при прогоне сложных моделей [7]. В-третьих, при использовании теоретического распределения намного легче изменять параметры теоретического закона распределения и сам закон распределения, когда требуется проверить чувствительность модели к различным возможным ситуациям [7]. Таким образом, при использовании теоретического распределения модель обладает большей гибкостью и потенциалом для исследования. Однако, если использовать в модели теоретическое распределение вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок, для получения корректных результатов моделирования теоретический закон распределения должен достаточно точно отражать частоту наступления этих событий в реальности. Если частота наблюдаемых в реальности событий близка к величине, предсказываемой теорией, то можно строить модель на основе теоретического распределения. Обычно исследователь не в состоянии высказать разумную догадку относительно распределения случайной переменной, пока не соберет и не проанализирует достаточного количества объективных данных [7]. Собранные данные обычно суммируют в виде распределения относительных частот, т.е. гистограммы. Наиболее распространенный способ определения аппроксимирующей кривой – метод наименьших квадратов [1].

Метод оценки чувствительности имитационной модели бизнес-процесса к закону распределения вероятностей длительности интервалов между событиями во входном потоке заявок

Учитывая, что получение экспериментальных данных о частоте наступления собы-

тий и их последующая обработка и подбор наиболее подходящего теоретического закона распределения достаточно трудоемкая задача, а в ряде случаев и невыполнимая, предлагается альтернативный метод. Метод основан на статистическом моделировании и позволяет оценить, насколько чувствительны результаты прогона модели бизнес-процесса к закону распределения вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок, и, если влияние закона распределения несущественно, для получения адекватных результатов моделирования можно выбрать любой из них.

Метод состоит в следующем.

1. Выбирается n теоретических законов распределения вероятностей, по отношению к которым необходимо оценить чувствительность модели.

2. Определяется количество прогнозов модели p , необходимое для оценки параметров модели с заданной точностью, методом доверительных интервалов по формуле $p = (\sigma Z_{\alpha/2})^2 / d^2$, взятой из [3], где σ – стандартное отклонение, $Z_{\alpha/2}$ – двусторонняя стандартная нормальная статистика, d – доверительный интервал. Т.к. значение σ неизвестно, зададим d в виде некоторой доли от σ , например $d = \sigma / 3$. $Z_{\alpha/2}$ выбирается с учетом требуемой степени достоверности из таблицы нормального распределения.

3. Для каждого n -го закона распределения выбирается m комбинаций параметров закона распределения по формуле $m = p / n$. Конкретные значения параметров для каждой m -й комбинации задаются табличным способом.

4. Осуществляется p прогонов модели, каждый прогон осуществляется с новыми n и m , остальные параметры модели при этом не изменяются.

5. Выбирается k анализируемых параметров модели, для каждого k -го параметра, полученного в результате прогонов, оценивается коэффициент вариации (процентное отношение стандартного отклонения к среднему выборочному), вычисляемый по формуле

$$v_k = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

где

$$\sigma = \sqrt{D_p(X)}, \quad \bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i, \quad D_p = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2,$$

σ – стандартное отклонение;

D – выборочная статистическая дисперсия;

\bar{x} – среднее значение выборки.

6. Для k полученных коэффициентов вариации рассчитываем \bar{k} – среднее значение коэффициента вариации по формуле

$$\bar{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k k_i$$

и σ_k – стандартное отклонение коэффициентов вариации по формуле $\sigma_k = \sqrt{D_k(K)}$, где

$$D_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (k_i - \bar{k})^2,$$

на основе которых оценивается степень чувствительности модели.

7. \bar{k} показывает, насколько модель в целом чувствительна к закону распределения вероятностей, а σ_k показывает степень разброса чувствительности различных показателей модели к закону распределения вероятностей. Чем меньше \bar{k} и σ_k , тем менее закон распределения вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок влияет на показатели, полученные по результатам моделирования.

8. Если модель обладает низкой степенью чувствительности к закону распределения вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок, для дальнейшего моделирования может быть выбран любой из n законов распределения вероятностей. Если модель обладает высокой степенью чувствительности, необходимо выбирать теоретическое распределение на основе экспериментальных данных.

Заключение

Бизнес-процесс может быть представлен в виде системы массового обслуживания и может быть исследован методом статистического моделирования. В связи с этим возникает задача идентификации закона распределения вероятностей, характеризующего длительность интервалов между поступле-

нием заявок в бизнес-процессе. Для получения корректных результатов моделирования теоретический закон распределения должен достаточно точно отражать частоту наступления этих событий в реальности. Получение экспериментальных данных о частоте наступления событий и их последующая обработка, а также подбор наиболее подходящего теоретического закона распределения – достаточно трудоемкая задача, что существенно усложняет планирование модельного эксперимента. Для решения этой проблемы предложен метод оценки чувствительности имитационной модели бизнес-процессов к закону распределения вероятностей длительности интервалов между событиями во входном потоке заявок с целью получения адекватных результатов имитационного моделирования бизнес-процесса.

Библиографический список

1. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
2. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: учеб. пособие / Н.Б. Кобелев. – Дело, 2003. – 336 с.
3. Исследование операций в экономике: учебн. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путько, И.М. Тришин и др. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 407 с.
4. Минюк, С.А. Математические методы и модели в экономике: учеб. пособие / С.А. Минюк, Е.А. Ровба, К.К. Кузьмич. – Мн.: ТетраСистемс, 2002. – 432 с.
5. Петрович, М.Л. Статистическое оценивание и проверка гипотез на ЭВМ / М.Л. Петрович, М.И. Давидович. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 191 с.
6. Лабскер, Л.Г. Теория массового обслуживания в экономической сфере / Л.Г. Лабскер, Л.О. Бабешко. – М.: Банки и биржи, 1998.
7. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
8. N. Metropolis, S. Ulam The Monte Carlo Method, – J. Amer. statistical assoc. 1949 44 № 247 pp. 335–341.
9. Diananda P.H., Some Probability Limit Theorems with Statistical Applications, Proceedings Cambridge Philosophical Society, v. 49, 1953, p. 239-246.
10. Muhram G.A., On Limiting Distributional Forms Arising in Simulation Encounters, The Mathematics of Large-Scale Simulation, Brock P (ed.), Simulation Councils Proceedings Series, v. 2, № 1, Simulation Councils, Inc., La Jolla, Calif., Jun. 1972.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ГОЛДРАТТА – «ДЕРЕВО ТЕКУЩЕЙ РЕАЛЬНОСТИ»

Г.А. ДРУЖКОВ, менеджер по логистике ООО «Мир инструмента»

don_grigorio@mail.ru

В различных областях жизнедеятельности человека возникают ситуации, когда налагаются проблемы, следствия этих проблем, следствия этих следствий и т.д. Часто сложно сказать, что же является истинной причиной и что именно приводит к данному следствию. В повседневной жизни такие ситуации мы часто склонны не замечать, однако, например в бизнесе, путаница в причинах и следствиях может привести к неэффективному использованию сил и средств. Отыскать истинную проблему и построить четкую систему взаимодействия причин и следствий поможет один из инструментов Теории ограничений системы (ТОС), которая была сформулирована израильским физиком Элияху Голдраттом, – «Дерево текущей реальности».

ТОС – это системный подход, основанный на жесткой причинно-следственной логике и объединяющий как логические инструменты, так и логистические решения. В настоящий момент ТОС охватывает многочисленные аспекты управления организациями и систематично улучшает их деятельность. Суть ТОС отражена в названии – ключевое слово здесь «ограничение»[1]. Логично, что производительность всей системы определяется производительностью самого слабого звена (узкого места, ключевой проблемы). Как же отыскать истинную, ключевую проблему? Ответ на этот вопрос дает один из эффективных инструментов ТОС – «Дерево текущей реальности». Это подтверждается на опыте

одного из крупных наукоемких предприятий. Там решались проблемы сборочно-испытательного цеха.

Первая проблема заключалась в невозможности в полном объеме выполнять заказы на производство изделий, следовательно, спрос не мог быть полностью удовлетворен. Вторая проблема – большие потери, связанные с выбраковкой изделий (количество бракованных изделий составляло 1,8 % при допустимом уровне брака 0,2 %). Третья проблема заключалась в неэффективном использовании площади цеха, отведенного под складирование (цех был условно поделен на две части: первая – непосредственно сборочные и испытательные участки, вторая – складирование деталей и комплектующих, необходимых для последующей сборки, готовой продукции цеха и технологической оснастки). Схематично приведенные проблемы представлены на рис. 1.

Перед тем, как приступить к выработке решения, Голдратт советует задать себе вопрос: «А что, если мы видим только следствия проблем?». Тогда получается, что время, усилия и ресурсы тратятся напрасно, а реальная причина остается незатронутой, и ситуация в целом если и исправится, то не полностью и ненадолго. Как избежать этой ловушки? Ведь в ходе решения ложной задачи не только ресурсы тратятся зря, но могут появиться и новые трудности. Ответ здесь очевиден: самый первый и самый правильный путь – верно



Рис. 1. Проблемы в рамках сборочно-испытательного цеха



Рис. 2. Расхождение между желаемым и фактическим объемом выпуска изделий сборочно-испытательным цехом

определить проблему и понять, в чем она заключается. В реальных жизненных ситуациях истинная проблема всегда скрыта. Голдратт предлагает построить «Дерево текущей реальности» (ДТР) – логическое построение, которое позволяет наглядно передать текущее состояние дел. ДТР устанавливает причинно-следственные отношения между различными проявлениями системы и их следствиями [1].

Приступим к построению «Дерева текущей реальности» для вышеприведенного примера. Первоначально необходимо определить зону контроля. Это зона, в которой вы хозяин и способны многое менять [1]. Поскольку на перечисленные проблемы управленческий персонал может влиять, т.е. они находятся внутри предприятия, а значит и в зоне контроля. Далее целесообразно рассмотреть каждую из проблем в отдельности.

Проблема 1. Расхождение между желаемым и фактическим объемом выпуска изделий.

Эта проблема заключалась в невозможности в полном объеме выполнять заказы, т.е. имело место расхождение между желаемым и фактическим объемом выпуска изделий (рис. 2).

Одним из способов увеличения объемов производства является сокращение дли-

тельности производственного цикла. Производственный цикл каждого из выпускаемых изделий включал циклы изготовления деталей, сборки узлов и готовых изделий, испытательных операций. Циклы изготовления деталей были значительно короче, чем сборки, так как различные детали производились одновременно. Процесс сборки являлся самым трудоемким и продолжительным ввиду конструктивной сложности изделий. Изделие включало в среднем 10 сборочных единиц, каждая из которых состояла из множества деталей, что приводило к пролеживанию деталей в ожидании запуска на сборку. В сборочно-испытательном цехе было четко определено, в какой очередности, на каких рабочих местах, в какие сроки должны собираться отдельные части изделия, кроме того, в результате координации было достигнуто совмещение различных процессов, близкое к оптимальному. Следовательно, было логично рассмотреть самую трудоемкую часть производственного цикла – цикл сборки изделий, который можно представить как

$$T_{ц.} = T_{сб.-исп.} + T_{доп.}$$

где $T_{сб.-исп.}$ – время, затрачиваемое непосредственно на сборку и испытания сборочных единиц и готовых изделий, мин;

$T_{доп.}$ – время, затрачиваемое на осуществление дополнительных операций, мин.

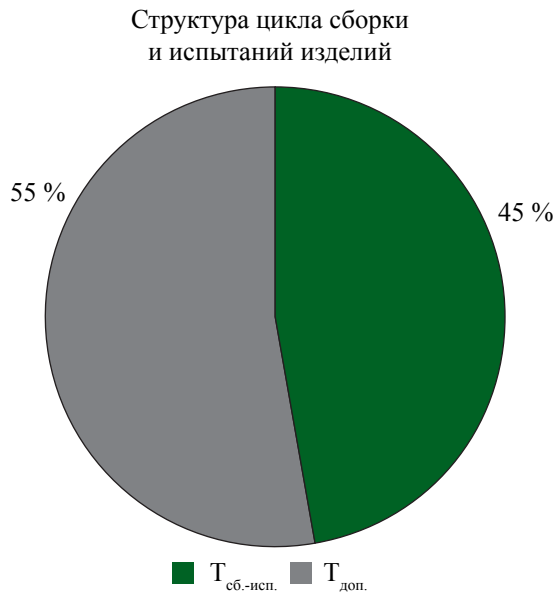


Рис. 3. Структура цикла сборки и испытаний изделий

В свою очередь, время, затрачиваемое на сборку и испытания, можно представить как

$$T_{\text{сб.-исп.}} = T_{\text{тех.}} + T_{\text{тр.}} + T_{\text{контр.}}$$

где $T_{\text{тех.}}$ – время сборочных операций, мин;
 $T_{\text{тр.}}$ – время транспортных операций, мин;
 $T_{\text{контр.}}$ – время контрольных и испытательных операций, мин.

А время на осуществление дополнительных операций как

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{компл.}} + T_{\text{скл.-рм.}}$$

где $T_{\text{компл.}}$ – время, затрачиваемое на комплектацию и подбор необходимых деталей и комплектующих, мин;
 $T_{\text{скл.-рм.}}$ – время, затрачиваемое на доставку деталей на рабочие места, мин.

В результате анализа структуры и длительности суммарного цикла сборки и испытаний изделий было выявлено, что затраты времени на осуществление дополнительных операций составляли более 50 % от общей длительности цикла сборки и испытаний изделий (рис. 3).

Кроме того, было выявлено, что в структуре затрат времени на осуществление дополнительных операций время, затрачиваемое на комплектацию и подбор необходимых деталей и комплектующих, составляло 95 % (рис. 4).

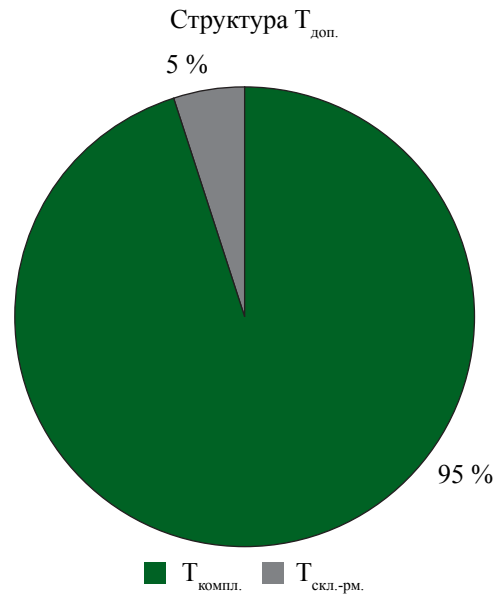


Рис. 4. Структура затрат времени на осуществление дополнительных операций

В результате анализа было выявлено, что процесс комплектации являлся одним из самых трудоемких на складе. Именно этот процесс определял эффективность работы всего складского комплекса. Комплектация заказа цеха требовала значительных затрат времени:

- а) на выполнение процедур выгрузки необходимых деталей и комплектующих с мест хранения;
- б) на осуществление доступа и поиск необходимых деталей и комплектующих;
- в) на оформление необходимой документации при комплектации заказа цеха.

Оборудование складского комплекса позволяло производить комплектацию исключительно вручную, сопутствующая документация оформлялась также вручную.

Средние затраты времени работников склада на поиск необходимых деталей и комплектующих при осуществлении комплектации сборки ($t_{\text{п}}$) составляли 30 мин, средние затраты времени работников склада на выполнение процедур выгрузки необходимых деталей и комплектующих из зоны хранения (с учетом затрат времени на осуществление доступа к необходимым деталям и комплектующим) при осуществлении комплектации сборки ($t_{\text{в}}$) – 20 мин, средние затраты времени на оформление соответствующей документа-



Рис. 5. Причины, вызывающие расхождение между желаемым и фактическим объемом выпуска изделий сборочно-испытательным цехом

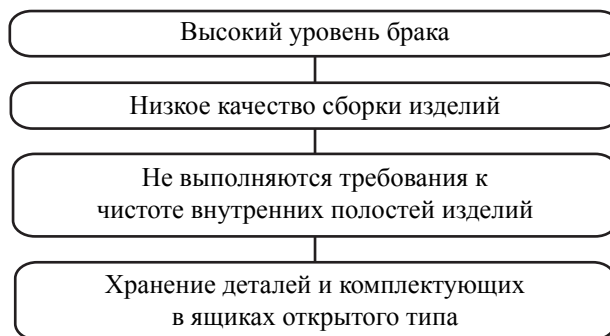


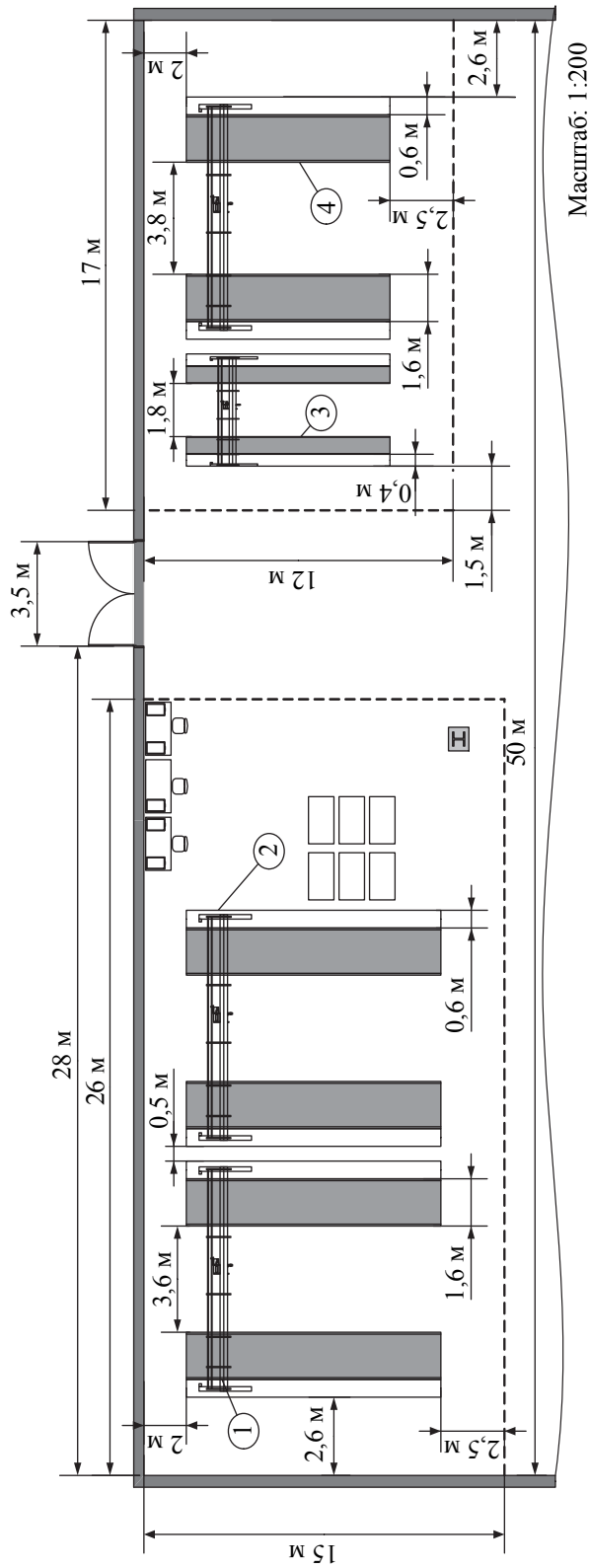
Рис. 6. Причины, вызывающие сверхнормативное количество бракованных изделий

ции ($t_{\text{офд}}$) – 20 мин. Общее время, затрачиваемое на комплектацию одной сборки ($t_{\text{компл.}}$), составляло в среднем

$$t_{\text{компл.}} = t_{\text{п.}} + t_{\text{в.}} + t_{\text{компл.}} = 30 + 20 + 20 = 70 \text{ мин} = 1 \text{ час } 10 \text{ мин.}$$

В целях обеспечения непрерывности технологического процесса сборки изделий среднее время, затрачиваемое на комплектацию одной сборки ($t_{\text{компл.}}$), не должно было превышать 15 мин. А полученное значение в 70 мин значительно превышало требуемое.

На складе сборочно-испытательного цеха были установлены кран-штабелеры мостовые опорные (КШО), сильно изношенные и частично не функционирующие. У всех КШО грузоподъемный механизм был неисправен, поэтому доступ к верхним полкам стеллажей был ограничен – в целях хранения использовались лишь те ящики, которые находились на уровне, доступном при применении лестницы. Это и приводило к большим затратам времени на доступ и поиск нужных деталей



Масштаб: 1:200

- 1 – кран-штабелер мостовой опорный, грузоподъемность 1 т;
- 2 – кран-штабелер мостовой опорный, грузоподъемность 0,5 т;
- 3 – кран-штабелер мостовой опорный, грузоподъемность 0,5 т;
- 4 – кран-штабелер мостовой опорный, грузоподъемность 0,2 т

Условные обозначения:






-  – металлический стеллаж;
-  – опорная конструкция кран-штабелера мостового опорного;
-  – ящик, габаритные размеры 1600×1000×700 (применяется для хранения технологической оснастки);
-  – кран-штабелер мостовой опорный;
-  – рабочее место кладовщика

Рис. 7. Складской комплекс, расположенный в сборочно-испытательном цехе

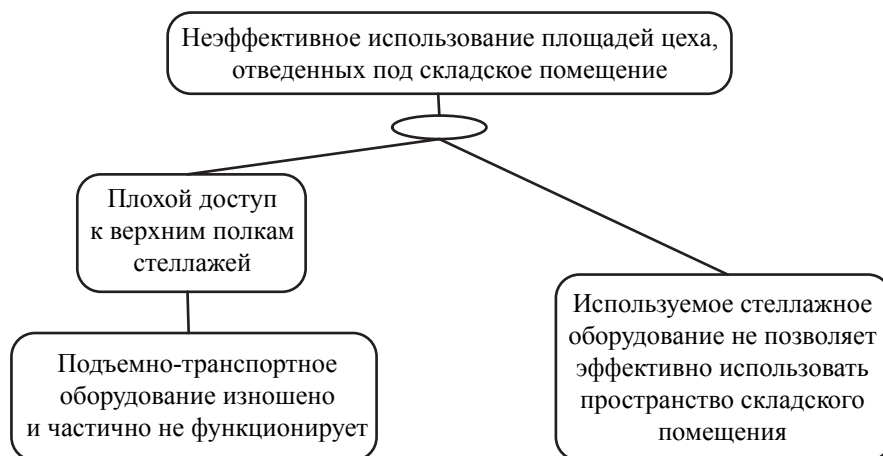


Рис. 8. Причины, вызывающие неэффективное использование площади и объема цеха, отведенного под складирование

и комплектующих. Процедуры загрузки – выгрузки приходилось осуществлять вручную.

Кроме того, для учета деталей и комплектующих на складе применялась карточная система учета, т.е. при комплектации сопутствующую документацию приходилось формировать вручную. Это приводило к большим затратам времени. Причинно-следственные отношения, описанные выше, представлены на рис. 5.

Проблема 2. Высокий уровень брака

При сборке изделий применялись высокие требования к чистоте внутренних полостей изделий. Одним из возможных источников загрязнения являлось помещение цеха, на территории которого расположен складской комплекс. Помещение должно было соответствовать следующему требованию: запыленность не более 1 мг/м^3 (класс чистоты 9 ИСО ГОСТ ИСО 14644-1-2002). Детали и комплектующие на складе хранились в открытых ящиках, которые не защищали от попадания пыли. Невыполнение данных требований приводило к ухудшению качества сборки, и как следствие на выходе получали высокий уровень брака (рис. 6). Около 90 % брака являлось следствием несоблюдения требований по чистоте внутренних полостей изделий.

Проблема 3. Неэффективное использование площадей цеха, отведенных под складское помещение

Логично, что площадь цеха, отведенная под складское помещение, должна

использоваться максимально эффективно, т.е. на минимальных площадях должно храниться максимальное количество ТМЦ. В рассматриваемом цехе это условие точно не выполнялось – план складского комплекса, расположенного в сборочно-испытательном цехе, представлен на рис. 7.

На складе сборочно-испытательного цеха были установлены металлические полочные стеллажи. Несмотря на то, что они максимально подходили для хранения деталей, комплектующих и готовых изделий в коробках и ящиках, данный вид стеллажей не позволял эффективно использовать складское помещение. Стеллажное оборудование занимало значительные площади и не полностью реализовало высоту помещения. Кроме того, на складе были установлены кран-штабелеры мостовые опорные, опорная конструкция которых также расходовала значительную площадь. Кроме того, как было уже сказано, у всех КШО грузоподъемный механизм был неисправен, поэтому усложнялся доступ к верхним полкам стеллажей, и верхние полки не использовались для хранения деталей и комплектующих. Описанные причинно-следственные отношения представлены на рис. 8.

Для того чтобы оценить, насколько эффективно использовалось складское пространство, были рассчитаны показатели эффективности складской площади и объема: коэффициент полезно используемой площади (K_s) и коэффициент полезно используемого объема (V_s) (таблица).

Эффективность использования площади цеха, отведенной под складирование

Эффективность использования площадей сборочно-испытательного цеха		
Площадь цеха, отведенная под складской комплекс, %	$S_{сц}$	10
Коэффициент полезно используемой площади, %	K_s	17
Коэффициент полезно используемого объема, %	V_s	9



Рис. 9. Дерево текущей реальности

Значения полученных коэффициентов оказались более чем неудовлетворительными и говорили о крайне нерациональном использовании площади и объема пространства, отведенного под складирование.

После изучения причинно-следственных связей стало возможным заключить, что истинная причина нежелательных явлений – неудовлетворительное состояние устаревшей системы складирования в цехе. Устранив эту проблему, мы ликвидируем и ее следствия.

Построенное дерево текущей реальности, основанием которого является ключевая проблема, представлено на рис. 9.

Инструмент ТОС «Дерево текущей реальности» прост и доступен. Он не учитывает ни специфику страны, ни область применения, потому что логика и причинно-следственные связи везде одинаковы и здравый смысл ни к чему не надо адаптировать.

Библиографический список

1. Уильям Детмер Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию: Перевод с английского / Уильям Детмер. – М.: Изд. АЛЬПИНА БИЗНЕС БУКС, 2007. – 414 с.

РЕЦЕНЗИЯ

на учебник «Лесные культуры»

Учебник «Лесные культуры» предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Лесное хозяйство» и по направлению подготовки бакалавров «Лесное дело». Он написан известными докторами наук, профессорами, академиками Родиным А.Р., Калашниковой Е.А., Родиным С.А.

Учебник содержит полный комплекс лесокультурных вопросов, позволяющих на современном уровне выращивать искусственные лесные насаждения. Учебное издание состоит из трех разделов: «Лесное семеноводство», «Выращивание посадочного материала», «Лесные культуры».

В первом разделе излагаются материалы, показывающие пути повышения семеношения лесных растений, способы создания лесосеменных баз, заготовки семян, определения их посевных качеств. Рассмотрены теоретические и практические вопросы хранения семян и подготовки их к посеву. Приведены совершенно новые материалы о бесконтактно-дистанционной хемокоммуникации между травмированными и здоровыми семенами при хранении. Впервые в лесокультурной литературе сообщается о перспективности использования нанотехнологий, электромагнитного поля сверхвысоких частот и квантово-резонансной технологии при предпосевной подготовке семян.

В разделе «Выращивание посадочного материала» значительное место отведено изложению теоретических и эколого-биологических вопросов, позволяющих более глубоко познать содержание выполняемых работ по выращиванию посадочного материала в лесном питомнике. В этом разделе содержится весь комплекс вопросов по выращиванию сеянцев и саженцев семенного и вегетативного размножения. Достаточно полно раскрыты агротехника и технология нового способа выращивания посадочного материала с использованием методов биотехнологии.

Вопросы искусственного лесовыращивания обстоятельно изложены в третьем разделе учебника. Здесь приводятся агротехника и технология создания лесных культур на различных категориях лесокультурных площадей. Выделены вопросы создания лесных культур на вырубках по эколого-ресурсосберегающим технологиям, на лесных землях, пройденных пожарами, а также выращивания искусственных насаждений целевого назначения. В этом разделе показана перспективность применения способа предпосадочной обработки растений на основе нанотехнологий.

Учебник написан на высоком научно-методическом уровне, материал хорошо систематизирован и адаптирован с дисциплинами лесохозяйственного профиля.

Для расширения и улучшения практических знаний студентов в учебнике следовало бы иметь перечень ситуационных задач по всем разделам дисциплины. В этом случае приведенные в работе формулы нашли бы свое полное отражение при практическом изучении рассматриваемой дисциплины.

Учебник полезен для студентов лесохозяйственного профиля, аспирантов и производителей не только России, но и Республики Казахстан.

Зав. кафедрой лесного хозяйства и экологии
Казахского агротехнического университета им. С. Сейфулина
Канд. сельскохозяйственных наук, И.И. Жумагулов

РЕЦЕНЗИЯ **на учебник «Лесные культуры»**

Вышел в свет учебник «Лесные культуры», предназначенный для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Лесное хозяйство» и по направлению подготовки бакалавров «Лесное дело» (М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2011. – 316 с). Авторами являются доктора наук, профессора Родин А.Р., Калашникова Е.А., Родин С.А. Учебник состоит из трех разделов: «Лесное семеноводство», «Выращивание посадочного материала» и «Лесные культуры». Его содержание и структура соответствуют ГОС ВПО и примерной учебной программе. Он написан на высоком научно-методическом уровне, хорошо систематизирован и адаптирован с основными дисциплинами лесохозяйственного профиля. Изложение материала базируется на эколого-системном подходе, что позволило более доходчиво изложить теоретические и эколого-биологические, а также практические вопросы лесокультурного производства.

В учебнике показано, что проблема искусственного лесовозобновления должна решаться комплексно, с учетом закономерностей формирования в динамике экологических условий в питомнике и на лесокультурной площади в процессе выращивания посадочного материала и лесных культур, а выращивание высокопродуктивных искусственных насаждений определенного состава и целевого назначения возможно только в том случае, если на всех этапах их роста и развития до завершения лесокультурного производства будут обеспечены условия, соответствующие экологическим требованиям для культивируемых лесных растений.

Значительное место в работе уделено теоретическим, эколого-биологическим вопросам и материалам новых исследований. В учебнике показана роль саморегуляции семян, посадочного материала и лесных культур, направленная на самосохранение и процветание вида. Раскрыта отрицательная роль травмированных семян на кондиционные при их хранении в результате хемокоммуникации между ними. Приведены конкретные материалы, показывающие длительное влияние типа лесных культур на интенсивность роста высаженных растений. Впервые в учебной литературе показана возможность применения нанотехнологий при подготовке семян к посеву и при предпосадочной обработке высаживаемых растений.

Вместе с тем в работе можно было:

- привести агротехнику и технологию создания углероддепонирующих и кислородопroduцирующих насаждений;
- показать режимы работы Федерального склада лесных семян, оборудованного автоматикой, обеспечивающей поддержание заданных режимов среды;
- описать новое оборудование для экспресс-оценки влажности семян и их вакуумной упаковки, используемое ФГУ «Рослесозащита»;
- более подробно изложить технологию производства и агротехнику применения нетрадиционных органо-минеральных удобрений;
- привести перечень ситуационных задач по всем трем разделам.

В целом рецензируемый учебник отражает современный научно-технический уровень лесокультурного производства. Он будет полезен не только студентам высших учебных заведений, но и аспирантам и научным сотрудникам.

Заведующий кафедрой лесных культур МарГТУ
доктор сельскохозяйственных наук
профессор Е.М. Романов

АННОТАЦИИ / ABSTRACTS

Брынцев В.А., Храмова М.И. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ И СЕМЕЙСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РОСТА СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ СЕМЯН ИНТРОДУКЦИОННОЙ ПОПУЛЯЦИИ.

В статье приведены результаты исследований семенного потомства интродукционных культур сосны кедровой сибирской. Изучена изменчивость основных показателей сеянцев, выделены наиболее ценные в селекционном отношении семьи и особи.

Ключевые слова: интродукция, сосна кедровая сибирская, сеянцы, изменчивость.

Bryntsev V.A., Hramova M.I. INDIVIDUAL AND FAMILY VARIABILITY OF GROWTH SEEDLINGS OF THE PINE CEDAR SIBERIAN GROWN UP FROM SEEDS INTRODUCTION OF POPULATION.

In article the result of researches of seed posterity of introduction cultures of a pine siberian is published. Variability of seedlings on the basic parameters is studied, the most valuable families and individuals are selected.

Key words: Introduction, pine cedar, seedlings, variability.

Мерзленко М.Д., Коженкова А.А., Белинский М.Н. ЛЕСОВОДСТВЕННЫЙ ЭФФЕКТ ИНТРОДУКЦИИ СОСНЫ ВЕЙМУТОВА В ЗОНЕ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ.

В статье сопоставляется успешность роста лесных культур сосны веймута и сосны обыкновенной на примере 80-летних искусственных насаждений. Сделан вывод о перспективности интродукции сосны веймута в зоне смешанных лесов.

Ключевые слова: сосна веймута (*Pinus strobus* L.), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), лесные культуры.

Merzlenko M.D., Kozhenkova A.A., Belinsky M.N. SILVICULTURAL EFFECT INTRODUCTIONS WEYMOUTH PINE IN THE ZONE OF THE MIXED WOODS.

In article success of growth of wood cultures Weymouth pine and pines ordinary on an example 80 – summer artificial plantings is compared. The conclusion is drawn on perspectivity of introduction Weymouth pine in a zone of the mixed woods.

Key words: Weymouth pine (*Pinus strobus* L), a pine ordinary (*Pinus silvestris* L), wood cultures.

Бессчетнова Н.Н. СОДЕРЖАНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА В ХВОЕ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Установлен наследственный характер различий плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию сухого вещества в хвое. Дисперсия различного уровня зафиксирована на лесосеменных плантациях и в архивах клонов, созданных в Нижегородской области. Факторы среды оказали заметное влияние на проявление отмеченного разнообразия.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовые деревья, клоны, сухое вещество хвои.

Besschetnova N.N. THE MAINTENANCE OF DRY SUBSTANCE IN NEEDLES OF CLONES OF THE PLUS-TREES OF A SCOTS PINE.

Hereditary character of distinctions of the plus-trees of a Scots Pine under the maintenance of dry substance in needles is established. The dispersion of a various level is fixed on seed plantations of wood plants and in archives of the clones created in the Nizhniy Novgorod area. Factors of environment rendered appreciable influence on display of the marked variety.

Key words: a Scots Pine, the plus-trees, clones, dry substance of needles.

Солонцов О.Н., Помогаева В.А. ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО ПОДКОРМКОЙ САПРОПЕЛЕМ В ПИТОМНИКЕ ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА БГИТА.

В статье рассматривается опыт выращивания сеянцев дуба черешчатого подкормкой сапропелем в питомнике опытного лесничества БГИТА, приведен анализ свойств сапропеля как одного из компонентов при приготовлении нетрадиционных органических удобрений в высокими лесорастительными свойствами.

Ключевые слова: дуб черешчатый, сапропель, сеянец, удобрение, подкормка.

Solontsov O.N., Pomogaeva V.A. EXPERIENCE OF CULTIVATION WITH OF QUERCUS RYBUR TOP DRESSING BY SAPROPEL IN NURSERY OF THE SKILLED FOREST AREAS BGITA.

In article cultivation experience seedling an Quercus rybur by top dressing by sapropel in nursery of skilled forest area BGITA is considered, the analysis of properties сапропеля as one of components is resulted at preparation of nonconventional organic fertilizers in high лесорастительными by properties.

Key words: an Quercus rybur, sapropel, seedling, fertilizer, top dressing.

Теринов Н.Н., Мехренцев А.В., Полухин А.В. ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРЕННЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ПОРОД ПОСЛЕ ВЫРУБКИ ПРОИЗВОДНЫХ МЯГКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРАЛЕ.

Произведено обследование лесосек 7-летней давности на предмет успешности их восстановления коренными темнохвойными породами. Даны рекомендации, позволяющие повысить эффективность сплошнолесосечных и чересполосных постепенных рубок для переформирования производных мягколиственных насаждений в темнохвойные.

Ключевые слова: смена пород, производные мягколиственные насаждения, сплошнолесосечные и чересполосные постепенные рубки, восстановление коренных темнохвойных насаждений.

Terinov N.N., Mehrentsev A.V., Poluhin A.V. RESTORATION OF RADICAL DARK CONIFER BREEDS AFTER CUTTING DOWN OF SECONDARY DECIDUOUS FOREST ON URAL.

A survey of the seven years old cutting areas for the success of their recovery redical dark coniferous species it is made. The recommendations for increase of efficiency of clear cuttings and through strip cuttings for reshaping of the secondary deciduous forests in the dark coniferous ones are given.

Key words: change of rocks, derived deciduous plantations, clear felling and gradual felling, restoration of indigenous conifer plantations

Соколова Л.Н., Солонцов О.Н., Боханова Н.С. ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМОТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ В ОБЛАСТИ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

В статье отражены проблемы совершенствования нормотворческой деятельности и правоприменительной практики в области лесных отношений в субъектах Российской Федерации, даются предложения по повышению эффективности регионального законодательства в области лесных отношений.

Ключевые слова: нормотворческая деятельность, правоприменительная практика, полномочия, субъекты Российской Федерации, лесные отношения.

Sokolova L.N., Solontsov O.N., Bohanova N.S. PROBLEMS OF PERFECTION OF NORMOTVORCHESKY ACTIVITY AND THE RIGHT OF PRACTICE IN THE FIELD OF WOOD RELATIONS IN SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION.

In article problems to perfection normotvorchesky activity and the right of perfection in the field of wood relations in subjects of the Russian Federation are reflected, offers on increase of efficiency of regional lawmaking in the field of wood relations are given.

Key words: norm-making activity, law enforcement, powers, subjects of the Russian Federation, wood relations.

Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Рудометкина Т.Ф. НАНОСТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ И ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ.

Методами растровой электронной и туннельной микроскопий изучена наноструктурная организация почвенных гелей, выделенных из чернозема, дерново-подзолистой и серой лесной почв.

Установлено, что наноструктурная организация почвенных гелей оказывает значимое влияние на водоустойчивость почвенной структуры. Сделан предварительный вывод о перспективности использования некоторых ПАВ для повышения водоустойчивости структуры почв.

Ключевые слова: почвенные гели, водоустойчивость, микрофазное расслоение, гумусовая матрица, модификатор, наноструктурная организация.

Fedotov G.N., Shalaev V.S. INTERACTION WITH SALTS OF THE Microphase STRATIFIED SOIL GELS.

Methods raster electronic and tunnel microscopy study nanostructured organizations of the soil gels allocated from chernozem, dernovo-podsolic and grey wood soils.

It is established, that nanostructured organization of soil gels makes significant impact on water stability of soil structure. The preliminary conclusion is drawn on perspectivity of use of some PAM for increase of water stability of structure of soils.

Key words: soil gel, water proofness, microphase stratification, humus stencil, modifier, nanostructured organization.

Быковский М.А., Редькин А.К. ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАШИН.

Статья посвящена проблемам применения многофункциональных машин в лесозаготовительном производстве. Даны подходы к классификации специализированных, многооперационных и многофункциональных лесных машин. Подробно рассмотрен пример многофункциональности машин.

Ключевые слова: высокотехнологичные производства, многофункциональные машины.

Bykovskiy M.A., Redkin A.K. HIGH-TECH LOGGING PRODUCTION BASED ON MULTIFUNCTION MACHINES.

Article deals with problems of multifunction machines in the logging industry. Given the classification of specialized, multiprocessor and multifunction forestry machines. Detailed study of the multifunction machines.

Key words: high-tech production, multifunction machines.

Азаренок В.А., Залесов С.В. ЭКОЛОГИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ.

Рассмотрены варианты технологий лесосечных работ, позволяющие оптимизировать заготовку древесины в различных лесорастительных условиях. Экспериментально установлено, что реализация предлагаемых технологий обеспечивает снижение себестоимости заготовки обезличенного кубометра древесины на 100–150 руб.

Ключевые слова: заготовка древесины, технология лесосечных работ, сортимента, подрост, себестоимость, экологичность.

Azarenok V.A., Zalesov S.V. NATURE SPARING TECHNOLOGIES OF CUTTING.

The article deals with technologies of forest cutting variations that make possible to optimize wood cutting in different conditions of forest growing. It was determined experimentally that the offered technologies of realization guaranteed decreasing of harvesting of general purpose 1 c. m wood manufacturing cost by 100–150 rubles.

Key words: Harvesting, forest cutting technologies, assortment, undergrowth, manufacturing cost, ecology.

Шамарин Ю.А., Панферов В.И., Селиванов К.В., Корнеев В.М. ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ НА БИОТОПЛИВЕ.

Статья состоит из 4 листов печатного текста и одной таблицы.

В статье рассматриваются вопросы использования биотоплива в дизельных двигателях лесозаготовительных машин, возможные проблемы, которые могут появиться при использовании биодизеля, а также пути их решения и предотвращения. Анализируется опыт использования биотоплива зарубежными странами. Приведены современные способы диагностики дизелей лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: биотопливо, биодизель, цетановое число, диагностика, дизель, биодобавка, лесозаготовительные машины.

Shamarin J.A., Panferov V.I., Selivanov K.V., Korneev V.M. PROBLEMS WITH DIESEL ENGINES DIAGNOSTICS IN FOREST LOGGING MACHINES WORKING ON BIOFUEL.

The article contains 4 pages of printed text and 1 table.

The article studies questions of using biofuel in diesel engines of forest logging machines, problems which might occur while using biofuel as well as ways of solving and preventing these problems. Foreign expertise in using biofuel is analyzed. Modern methods of diesel engines diagnostics in forest logging machines are given.

Key words: biofuel, biodiesel, CN, diagnostics, diesel, bioadditive, forest logging machines.

Шамарин Ю.А., Панферов В.И., Селиванов К.В., Корнеев В.М. ЭЛЕКТРОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА.

Статья состоит из 6 листов печатного текста и одной таблицы.

В статье рассматриваются способы диагностирования дизельных двигателей лесозаготовительных машин. Описаны принципы диагностирования и возможные пути развития. Представлен опыт диагностирования, накопленный зарубежными странами. Приведены современные способы диагностики дизелей.

Ключевые слова: диагностика, дизель, лесозаготовительные машины, топливная аппаратура.

Shamarin J.A., Panferov V.I., Selivanov K.V., Korneev V.M. ELECTRONIC INFORMATION IN TECHNOLOGICAL SERVICE DIAGNOSTIC SYSTEM.

The article contains 6 pages of printed text and 1 table.

The article studies ways of diesel engines diagnostics in forest logging machines. Principles of diagnostics and means of its development are described. Foreign expertise in this field is given.

Key words: diagnostics, diesel, forest logging machines, fuel devices.

Быков В.В., Голубев М.И. КАРТЫ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ЛЕСНЫХ МАШИН.

В статье показана методика составления карт атмосферной коррозии машин лесного комплекса с целью выбора на их основе консервационных составов с различной коррозионной стойкостью в зависимости от скорости коррозии.

Ключевые слова: карта атмосферной коррозии, скорость коррозии, консервационные составы, лесные машины.

Bykov V.V., Golubev, M.I. THE MAPS OF ATMOSPHERIC CORROSION OF FORESTRY MACHINERY.

This article describes technique of mapping the atmospheric corrosion of machinery of forest industry in order to select them based on conservation of compositions with different corrosion resistance depending on the rate of corrosion.

Key words: map of atmospheric corrosion, rate of the corrosion, conservation compositions, forest machinery.

Башкирцев Ю.В., Клубничкин Е.Е., Никишина О.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

В статье приведена классификация и свойства клеевых составов, используемых для восстановления деталей транспортно-технологических машин лесопромышленных предприятий. Предложены технологии по устранению типовых дефектов машин с использованием клеевых составов.

Ключевые слова: клеевой состав, ремонт, сердцевина радиатора, фиксация шпилек, герметизация микротрещин, восстановление посадок подшипников.

Bashkirtsev J.V., Klubnichkin E.E., Nikishin O. S. USE of GLUTINOUS STRUCTURES FOR RESTORATION OF DETAILS OF TRANSPORTNO-TECHNOLOGICAL CARS OF THE TIMBER INDUSTRY ENTERPRISES.

In article classification and properties of glutinous structures of details of transportno-technological cars of the timber industry enterprises used for restoration is resulted. Technologies on elimination of typical defects of cars and formations with use of glutinous structures are offered.

Key words: glutinous structure, repair, a radiator core, fixing of hairpins, hermetic sealing of microcracks, restoration of landings of bearings.

Комяков А.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ В ПЛАВУЧИХ КОНТЕЙНЕРАХ И ОДНОРЕЙСОВЫХ СУДАХ.

В работе представлена математическая модель для расчета оптимальных параметров плавучих контейнеров и однорейсовых судов с упрощенными обводами корпуса и выбора буксирного судна.

Ключевые слова: плавучий контейнер, однорейсовое судно, буксирное судно, математическая модель, затраты на транспортировку.

Komyakov A.N. OPTIMIZATION OF THE DELIVERY OF FOREST GOODS IN THE FLOATING CONTAINER AND ONEWAY SHIPS.

The paper presents a mathematical model for calculating the optimal parameters of the floating containers and oneway ships with simplified hull lines and the choice of the tugboat.

Key words: floating container, oneway ship, tugboat, the mathematical model, transportation costs.

Левушкин Д.М. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В РЕСУРСАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

Установлены зависимости удельного расхода основных материалов для строительства дорожной одежды лесовозных автомобильных дорог от толщины конструктивных слоев и объемной массы.

Ключевые слова: лесовозная дорога, дорожная одежда, конструктивные слои, дорожно-строительные материалы, расход.

Levushkin D.M. THE CALCULATION OF RESOURCE REQUIREMENTS FOR THE CONSTRUCTION OF LOGGING ROADS.

Dependence of specific consumption of basic materials for construction road surfacing of logging roads on the thickness of structural layers and the bulk mass.

Key words: logging roads, road surface, structural layers, construction materials of road, flow.

Камусин А.А., Левушкин Д.М. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАБОЧЕГО СЛОЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ.

В статье приведены результаты исследований по сохранности рабочего слоя лесовозных автомобильных дорог в зависимости от применяемого модификатора и свойств модифицированных битумов. Показаны зависимости сохранности слоя покрытия лесовозных автомобильных дорог от вида вяжущего, крупности применяемого щебня и температурного режима при испытаниях.

Ключевые слова: лесовозная дорога, дорожная одежда, проезжая часть, модифицированный битум, фракции щебня, испытания.

Kamusin A.A., Levushkin D.M. INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF THE WORKING LAYER OF SURFACE TREATMENT OF LOGGING ROADS ON THE BASIS OF TRADITIONAL AND MODIFIED BITUMEN.

The results of studies on the preservation the working layer of logging roads, depending on the modifier used and the properties of modified bitumen. Shows the dependence of preservation of the coating layer of wood-roads on the type of binder used gravel size and temperature-controlled trials.

Key words: logging roads, road surface, carriageway, modified bitumen, gravel fraction, tests.

Афоничев Д.Н. СБОРНО-РАЗБОРНОЕ ПОКРЫТИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СТЫКОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ.

Представлено описание конструкции сборно-разборного покрытия автомобильной дороги, которое включает плиты, имеющие в торцах углубления – пазы и соединенные в колесопрод шинными, выполненными в виде труб прямоугольного поперечного сечения, по боковым граням которых размещены шипы, входящие в торцевые пазы смежных плит, а внутри шин расположены пневматические камеры, заполненные сжатым воздухом. Пневматическое стыковое соединение обеспечивает повышение надежности сборно-разборного покрытия автомобильной дороги в эксплуатации.

Ключевые слова: сборно-разборное покрытие, автомобильная дорога, стыковое соединение, плита, пневматическая камера, шип, торцевой паз.

Afonichev D.N. AUTOMOTIVE ROAD PREFABRICATED SURFACING WITH THE PNEUMATIC BUTT JOINTS.

The prefabricated automotive road surfacing construction is described. Slabs with the butt end slots assembled into a wheel-band by means of square sectioned pipe-like tires with the pins on the side faces, entering the end slots of adjoining slabs constitute the first specific feature of this construction, while the air-inner tube filled with compression air and put inside the tires being the second. Pneumatic butt joint provides the increased reliability and safety of prefabricated automotive roads surfacing.

Key words: prefabricated surfacing, automotive road, butt joint, slab, air inner tube, pneumatic, thorn, end slot.

Шевляков А.А., Панферов В.И., Шевляков С.А., Маркин А.П. ПРОИЗВОДСТВО КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ.

В экономии материальных ресурсов использование вторичных отходов становится одной из основных задач. Уровень развития современных технологий позволяет создать целый ряд новых композиционных материалов, в которых отходы могут с успехом использоваться в качестве исходного сырья. Вторичные отходы древесины или другого растительного сырья, бумаги и терморезистивных полимеров, измельченные до необходимого состояния, могут быть использованы в качестве наполнителя, а специальным образом измельченные вторичные отходы термопластичных полимеров – в качестве связующего.

Ключевые слова: вторичные отходы, композиционные материалы, технология переработки, прессование, древесно-полимерные плиты.

Shevljakov A.A., Panferov V. I, Shevljakov S.A., Markin A.P. MANUFACTURE OF COMPOSITE MATERIALS WITH USE OF A SECONDARY WASTE AS INITIAL RAW MATERIALS.

In economy of material resources use of a secondary waste becomes one of the primary goals. The level of development of modern technologies allows to create variety of new composite materials in which a waste can be used with success as initial raw materials. A secondary waste of wood or other vegetative raw materials, a paper and the thermojet polymers, crushed to a necessary condition, can be used as a filler, and in special way crushed secondary waste of thermoplastic polymers – as binding.

Key words: secondary waste, composite materials, Technology of processing, pressing, drevesno-polymeric plates.

Маркин А.П., Панферов В.И., Шевляков А.А., Шевляков С.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ И ПОСЛОЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Для исследования реологических характеристик и послойной плотности широкого спектра композиционных материалов разработан экспериментальный стенд на базе рентгеновского дифрактометра с автоматизированными системами контроля и регистрации данных.

Ключевые слова: композиционные материалы, экспериментальный стенд, послойная плотность, деформативные свойства, рентгеноструктурный анализ.

Markin A.P., Panferov V. I., Shevljakov A.A., Shevljakov S.A. EXPERIMENTAL THE STAND ON RESEARCH DEFORMABILITY PROPERTIES AND LEVEL-BY-LEVEL DENSITY OF WOOD COMPOSITE MATERIALS.

The experimental stand is developed for research rheology characteristics and level-by-level density of a wide spectrum of composite materials on the basis of x-ray diffractometer with the automated monitoring systems and data recordings.

Key words: composite materials, the experimental stand, level-by-level density, deformability properties, X-ray diffraction analysis.

Гнатовская И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДОЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНОЙ.

В статье рассмотрен вопрос о совместной переработке качественной низкокачественной древесины в общих лесоперерабатывающих цехах.

Ключевые слова: низкокачественная древесина, лесоперерабатывающий цех.

Gnatovskaya I.V. RESEARCH OF AN OPPORTUNITY OF REFIT EQUIPMENT OF LOW QUALITY TIMBER.

The article is devoted to the question of joint processing of high-quality low-quality wood in the total timber processing plants with shops.

Key words: low-quality wood, timber processing plants.

Кравцов Е.В., Крапухин Г.А. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ.

В статье определены основные проблемы рационального использования низкосортной древесины в России. Определены задачи, решение которых позволит на промышленном уровне разработать и организовать технологии, обеспечивающие глубокую переработку низкосортной древесины. Приведен практический пример технологического решения в организации производства элементов деревянного домостроения из низкосортной древесины на разработанном и изготовленном комплектном специализированном технологическом оборудовании.

Ключевые слова: элементы деревянного домостроения, низкосортная древесина, специализированное технологическое оборудование.

Kravtsov E.V., Krapuhin G.A. FEATURES OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE ORGANIZATION OF PRODUCTION ELEMENTS OF HOUSING FROM LOW-GRADE WOOD.

The article identifies the key problem of rational use low-grade timber in Russia. Defined tasks that allow for the industrial level to develop and organize the technologies that provide deep processing of low-grade wood. The practical examples of technological solutions in the organization of the production elements of the wooden construction of low-grade timber designed and manufactured complete set specialized technological equipment.

Key words: elements of wooden construction, low-grade wood, specialized process equipment.

Владимирова Е.Г. ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*).

В работе приводится исследование ряда свойств древесины сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*), прошедшей обработку в бревнах на российской установке по термической модификации СПВТ при температуре 185°C, в сравнении с необработанной древесиной. По образцам термически модифицированной и не подвергнутой обработке древесины определялась влажность, усушка, разбухание, предел прочности при сжатии вдоль волокон, прочность при статическом изгибе, ударная вязкость при изгибе, статическая твердость, влагопоглощение, водопоглощение. Была исследована зависимость полученных физико-механических свойств от температуры обработки.

Ключевые слова: сосна, термическая модификация древесины, влажность, усушка, разбухание, предел прочности при сжатии вдоль волокон, прочности при статическом изгибе, ударная вязкость при изгибе, статическая твердость, влагопоглощение, водопоглощение.

Vladimirova E.G. EFFECT OF HEAT TREATMENT ON SOME MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF PINE (*PINUS SYLVESTRIS*).

In this article described research of pine (*Pinus Sylvestris*) properties, that was heat treated through Russian vacuum-heat timber dryer ($T = 185^{\circ}\text{C}$) in comparison with non treated wood. Afterwards, moisture content, shrinkage, swell, ultimate strength in compression parallel the grain, static bending strength, impact bending strength, static hardness, moisture absorption, water absorption of the samples were measured. The relation between the process temperature and the resulting physical and mechanical properties was examined.

Key words: pine, heat treatment, moisture content, shrinkage, swell, ultimate strength in compression parallel the grain, static bending strength, impact bending strength, static hardness, moisture absorption, water absorption.

Владимирова Е.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*).

В работе приводится исследование предела прочности при статическом изгибе древесины сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*), которая была подвергнута термической модификации в соответствии с классами термообработки S и D. Полученные результаты дают интересную картину изменения предела прочности в зависимости от класса термообработки, интенсивности режима, расположения образца в бревне.

Ключевые слова: сосна, термическая модификация древесины, прочность при статическом изгибе.

Vladimirova E.G. RESEARCH OF THERMALLY MODIFIED PINE (*PINUS SYLVESTRIS*) STATIC BENDING STRENGTH.

In this article described research of static bending strength of pine (*Pinus Sylvestris*), that was heat treated according standard classes S and D. The results show how static bending strength is changing depending on the class of heat treatment, intensity of drying regime, the position of the specimens in the log.

Key words: pine, heat treatment, static bending strength.

Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Архипов А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПРИ ЧИСТОМ СДВИГЕ.

В работе приведены результаты испытаний прочности древесно-стружечных плит как неоднородного анизотропного материала на растяжение, сжатие и чистый сдвиг в главных направлениях анизотропии. Предложена методика оценки величины этих показателей по результатам стандартных испытаний плит на прочность.

Ключевые слова: анизотропия прочности, чистый сдвиг, древесно-стружечные плиты.

Tuluzakov D.V., Lapshin U.G., Arhipov A.S. DETERMINATION OF THE STRENGTH OF PARTICLE BOARDS IN PURE SHEAR.

The paper presents the results of testing the strength of particle board as a non-homogeneous anisotropic material in tension, compression and pure shear in the principal directions of anisotropy. The technique of estimation of these indicators for the industry standard test panels for strength.

Key words: anisotropy of durability, pure shift, particle board.

Ерхова О.И. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСПИЛОВОЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗАГОТОВОК.

Разработанная методика позволяет рассчитывать поставки для раскроя бревен на обрезные пиломатериалы для производства из них чистовых заготовок заданных размеров. При этом по сравнению с выработкой заготовок из пиломатериалов, выпиленных по стандартным номинальным размерам, достигается значительная экономия древесины.

Ключевые слова: распиловка бревен, заготовки, доски, размеры сечений пиломатериалов.

Erkhova O.I. THE TECHNIQUE OF CALCULATION THE SIZE OF SAWING LUMBER IN THE PRODUCTION OF BILLETS.

The developed technique allows to calculate a set for cutting logs into sawn edging timber to produce finished billets of required sizes. In this case as compared to the output of billets made from lumber sawn according to the standard size, the significant wood saving is accomplished.

Key words: sawing logs, billets, boards, section size timber.

Болдырев В.С., Щепкин В.Б. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛЕЕНЫХ СЕКТОРНЫХ БЛОКОВ.

В статье рассмотрен способ получения клееной радиальной продукции, позволяющий увеличить объемный выход до 75 % и более из тонкомерного сырья. Представлен процесс изготовления секторной клееной продукции холодным способом. Определены оптимальные размеры секторов, применяемых для последующего склеивания, и требования, предъявляемые к ним. Выявлена экономическая эффективность внедряемой технологии.

Ключевые слова: пиломатериалы, радиальные, сектора, клееные, объемный выход, тонкомерное сырье, центральный угол, пороки, сучки, сушка, коробление, склеивание, прочность.

Boldyrev V.S., Schepkin V.B. METHOD OF GLUED SECTOR WOODBLOCK PRODUCTION.

A technique of manufacture of glued radial production from sectors and small-dimension raw material, allowing increase of volume recovery up to 75 % and more, is shown in the article. Distinctive features of the technique are: log cylindering, sector manufacturing on special equipment, sector gluing with radial surfaces, using cold method. Possible variants of planning decisions of flows formation for sector making and formation of laminated blocks are developed. Economic efficiency of technique has been revealed.

Key words: lumber, radial sector, glued, volume output, small-diameter materials, a central angle, vices, knots, drying, warping, adhesion, durability.

Шарапов Е.С., Королев А.С., Попов Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ.

Обозначена актуальность и методика экспериментальных исследований шероховатости поверхности резания термически модифицированной древесины березы. Представлены результаты экспериментальных исследований шероховатости при поперечном и продольном резании термически модифицированной древесины березы. Сформулированы выводы, определены направления последующих исследований в рассматриваемом направлении.

Ключевые слова: термически модифицированная древесина, маятниковый копер, удельная работа резания, шероховатость, экспериментальные исследования.

Sharapov E.S., Korolev A.S., Popov D.A. THERMALLY MODIFIED BIRCH WOOD CUTTING SURFACE ROUGHNESS RESEARCHES.

The urgency and technique of thermally modified birch wood cutting surface roughness experimental researches is designated. Experimental researches results of roughness at cross-section and longitudinal cutting of thermally modified birch wood are presented. Conclusions and directions of the subsequent researches in a considered direction are formulated and determined.

Key words: thermally modified wood, pendular shock testing machine, specific work of cutting, roughness, experimental researches.

Торопов А.С., Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОПОРЫ С ДИСКОМ КРУГЛОЙ ПИЛЫ.

Статья посвящена проблеме повышения устойчивости круглых пил в процессе пиления древесины. Проведен анализ направляющих для повышения устойчивости круглых пил. Представлены методика и результаты экспериментальных исследований взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы. Разработаны регрессионные зависимости этого взаимодействия.

Ключевые слова: электромагнитная опора, круглая пила, взаимодействие, экспериментальные исследования, усилие притяжения, уравнения регрессии.

Toropov A.S., Sharapov E.S., Kuznetsov E.Y. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF INTERACTION BETWEEN ELECTROMAGNETIC SUPPORT AND DISK OF CIRCULAR SAW.

The paper deals with a problem of increasing stability of circular saws at sawing of wood. Guides for increasing stability of circular saws are analyzed. The paper presents a technique and results of experimental investigations of interaction between electromagnetic support and disk of circular saw. Regression equations this interaction are elaborated.

Key words: electromagnetic support, circular saw, interaction, experimental investigations, attractive force, regression equations.

Меркушев И.М. ПРОСТЕЙШИЕ АВТОРЕГУЛЯТОРЫ ПРОЦЕССОВ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.

В статье «Простейшие авторегуляторы процессов бездефектной сушки пиломатериалов» представлена целая серия простейших по конструктивному исполнению технических средств автоматического регулирования

процессов конвективной сушки пиломатериалов, разработанных автором. Представлены манометрические прямого действия и программные регуляторы температуры и операторы сушильного процесса. Описаны также программные авторегуляторы процесса бездефектной сушки пиломатериалов на подштабельной вагонетке и в стационарном напольном исполнении. Эффективность от их внедрения может быть достигнута улучшением качества сушки за счет обеспечения процесса строго по рациональным режимам бездефектной сушки пиломатериалов, координированным по средней текущей их влажности.

Ключевые слова: авторегуляторы температуры, программные операторы процесса, рациональные режимы, бездефектная сушка, средняя влажность пиломатериалов.

Merkushev I.M. THE ELEMENTARY AUTOMATIC REGULATORS OF PROCESSES OF FAULTLESS DRYING OF SAW-TIMBERS.

In clause «the Elementary automatic regulators of processes of faultless drying of saw-timbers « the whole series of the elementary on a design of means of automatic control of processes of drying of saw-timbers is presented by the damp air developed by the author. Are presented manometrical direct action both program regulators of temperature and operators of process of drying. Program automatic regulators of process of faultless drying of saw-timbers on a trolley and in stationary floor execution are described also. Efficiency from their introduction can be reached by improvement of quality of drying due to maintenance of process strictly on rational modes of faultless drying the saw-timbers, focused on average current them Humidity.

Key words: automatic regulators of temperature, program operators of process, rational modes, faultless drying, average humidity of saw-timbers.

Платонов А.Д., Михайлова Ю.С. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННОГО АГЕНТА СУШКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА И ДУБА.

В работе приведена количественная оценка отработанного агента сушки на фурфурол и формальдегид в производственных условиях и показана степень воздействия на окружающую среду рабочей и жилой зоны.

Ключевые слова: сушка, агент сушки, бук, дуб, фурфурол, формальдегид, суммационный эффект, скорость ветра, концентрация, рабочая зона, жилая зона, санитарная зона, экстракция.

Platonov A.D., Mikhaylova Yu.S. EXPOSURE ASSESSMENT OF THE USED DRYING AGENT ON THE ENVIRONMENT DURING DRYING OF BEECH WOOD AND OAK.

The paper shows the quantitative assessment of the used drying agent on furfural and formaldehyde in the production conditions and shows the extent of the environmental impact in working and living areas.

Key words: drying, drying agent, beech, oak, furfural, formaldehyde, summation effect, wind speed, concentration, working area, living area, sanitary zone, extraction.

Цветков В.Е., Зуева М.Ю., Мачнева О.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОПИТОЧНЫХ ОЛИГОМЕРОВ.

Представлены результаты исследования влияния поверхностно-активных добавок, таких как пластификатор, отделитель, отвердитель, антиблок, на термодинамические свойства модифицированных пропиточных смол.

Ключевые слова: меламиноформальдегидная смола, поверхностно-активные добавки, модификация, метод отрыва кольца.

Tsvetkov V.E., Zueva M.J., Machneva O.P. RESEARCH OF INFLUENCE OF SURFACE-ACTIVE ADDITIVES ON THERMODYNAMIC PROPERTIES OF THE MODIFIED PITCHES FOR IMPREGNATION.

Results of research of influence of surface-active additives, such as softener, a separator, a hardener, the antiblock, on thermodynamic properties of the modified pitches for impregnation are presented.

Key words: melaminoformaldegidnaja pitch, surface-active additives, updating, method of a separation of a ring.

Карпова Т.Н. ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОМ СВЯЗУЮЩЕМ.

Представлены результаты исследования различного количества модификатора на технологические свойства КФ смол и древесно-стружечных плит, изготовленных на их основе.

Ключевые слова: олигомерные смеси, модификатор, связующее, древесно-стружечные плиты, технологические свойства.

Karpova T.N. WOOD-SHAVING PLATES ON MODIFIED CARBAMIDFORMALDEHYDE THE BINDING.

Results of research of various quantity of the modifier on technological properties КФ of pitches and wood-shaving plate, the plates made on their basis are presented.

Key words: oligomernye mixes, the modifier, binding, wood-shaving plate, technological properties.

Стрелков В.П., Иванов Б.К., Цветков В.Е. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДОСОДЕРЖАЩИМИ СМОЛАМИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДРЕВЕСНОПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИИ.

Показана перспектива развития древесных плит. Древесные плиты должны отвечать требованиям международных стандартов по выделению формальдегида – не более 0,124 мг/м³ воздуха. Содержание формальдегида по перфораторному методу должно быть снижено до 4 мг/100 г. Предлагаются варианты связующих для снижения токсичности древесных плит.

Ключевые слова: древесная плита, фанера, содержание формальдегида, смолы.

Strelkov V.P., Ivanov B.K., Tsvetkov V.E. PROBLEMS OF MAINTENANCE FORMALDEHYDE PITCHES AND ECOLOGICAL SAFETY OF WOOD PLATES IN RUSSIA.

The prospect of development of wood plates is shown. Wood plates should meet the requirements of the international standards on formaldehyde allocation – no more than 0,124 mg/m³ of air. The formaldehyde maintenance on the puncher to a method should be lowered to 4 mg/100. Variants binding for decrease in toxicity of wood plates.

Key words: wood plate, plywood, the maintenance of formaldehyde, pitch.

Круглов Д.В., Никитин А.А., Тришин С.П. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОПИТОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ.

В статье выбраны критерии оценки качества поверхности отвержденных олигомеров: степень отверждения пропиточных композиций, устойчивость к циклическим температурно-влажностным воздействиям и с помощью деформационных характеристик, таких как модуль упругости и степень эластичности. Полученные результаты подтвердили возможность получения пленочных покрытий на основе высоконаполненных декоративных бумаг с высокими эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: критерии оценки, качество поверхности, отвержденные олигомеры, степень отверждения, пропиточная композиция, деформационная характеристика, модуль упругости, степень эластичности, пленочное покрытие, декоративная бумага, эксплуатационные характеристики,

Kruglov D.V., Nikitin A.A., Trishin S.P. SPECIAL COMPONENTS OF THE IMPREGNATING COMPOSITION.

In the article was select evaluation indicators surface condition cure oligomers quality: degree of cure impregnating compounds, cyclical temperature and humidity stability, and with deformative adjectives help, like this modulus of resiliency and degree of elasticity. Draw results acknowledge receipt possibility film coating on basis of high blow outs decorative papers with high operating characteristics.

Key words: evaluation indicators, surface condition, degree of cure, impregnating compounds, deformative adjective, modulus of resiliency, degree of elasticity, film coating, decorative paper, operating characteristics.

Круглов Д.В., Никитин А.А., Тришин С.П. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОРОТКОТАКТНОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ.

В статье представлены результаты экспертной оценки сравнительной характеристики плит, позволяющие дать качественную оценку показателей, подтверждающих пригодность плитных материалов в качестве основы для ламинирования. Научно обоснована необходимость применения в ламинировании плит с высокой плотностью лицевой поверхности, а также оценки уровня температурного воздействия и величины давления на процесс ламинирования.

Ключевые слова: экспертная оценка, сравнительная характеристика, плитные материалы, основа для ламинирования, высокая плотность лицевой поверхности, уровень температурного воздействия, величина давления, процесс ламинирования.

Kruglov D.V., Nikitin A.A., Trishin S.P. THE COMPARATIVE ESTIMATION OF SUITABILITY OF WOOD MATERIALS FOR LAMINATION.

In article submit result peer review comparative description boards, allow make qualitative evaluation confirm slabby materials suitability in the capacity of lamination base. Scientifically grounded use for lamination boards with high density face need, as well as merit level thermal effect and pressure action on lamination process.

Key words: peer review, comparative description, slabby materials, lamination base, scientifically grounded, high density face, level thermal effect, pressure action, lamination process.

Бурков В.Д., Есаков В.А., Куфаль Г.Э., Капранов Ю.С., Перминов С.В., Харитонов Н.А. ПРОБЛЕМА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АСТЕРОИДНОЙ ОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ.

Рассмотрены некоторые методы борьбы с астероидной опасностью. Дан анализ предлагаемых методов динамического воздействия на траекторию движения потенциально опасных небесных тел. Произведена оценка предложенных методов в плане перспективных применений. Обсуждается возможность использования аэродинамических методов воздействия для изменения траекторий движения малых небесных тел.

Ключевые слова: астероидная опасность, межпланетные навигационные измерения, аэродинамика гиперзвуковых потоков, космические полеты.

Burkov V.D., Esakov V.A., Kufal G.E., Kapranov J.S., Perminov S.V. Haritonov N.A. THE PROBLEM OF ASTEROID DANGER OF SPACE MEANS.

Some methods of fight are considered against an asteroid danger. The analysis of the offered methods of the dynamic affecting is given trajectory of motion potentially of dangerous celestial bodies. The estimation of the offered methods of their application is produced. Possibility of the use of aerodynamic methods of influence for the change of trajectories of motion of small celestial bodies comes into question.

Key words: asteroid danger, interplanetary navigation measuring, aerodynamics of hypersonic streams, space flights.

Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Шалаев В.С. ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В ЗАДАЧАХ ПРИРОДНОГО МОНИТОРИНГА.

Описывается структура аппаратно-программного комплекса, основанного на методах синтеза гибких информационно-измерительных систем на базе оптоэлектронной техники и обеспечивающего идентификацию параметров систем окружающей среды. Рассматривается пример комплекса, который состоит из компактного измерительного прибора типа спектрополяриметра, информационного интерфейса, компьютера с необходимым набором программных блоков и расширяющейся базой данных.

Ключевые слова: волоконно-оптическая техника, информационно-моделирующие системы, информационный интерфейс.

Burkov V.D., Krapivin V.F., Shalaev V.S. TECHNOLOGY OF FLEXIBLE INFORMATION-MODELING SYSTEMS BASED ON THE FIBRE-OPTICAL TECHNICS FOR THE ENVIRONMENTAL MONITORING PROBLEMS.

A structure of hardware-in-the-loop system based on the adaptable methods of information-measuring systems synthesis using optoelectronic technique and providing possibility to identify the environmental parameters is described. The system consisting of a compact multi-channel spectropolarimeter, informational interface with computer, software and extending database is discussed.

Key words: the fibre-optical technics, information-modeling systems, informational interface.

Трегуб А.В., Трегуб И.В. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ARIMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.

В статье приведена методика обработки информации о динамике стационарных временных рядов на примере анализа данных финансовых рынков при помощи модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего. Приведены способы тестирования и проверки адекватности модели, дано описание способов прогнозирования будущих значений уровней временных финансовых рядов на основе модели ARIMA.

Ключевые слова: обработка информации, финансовые временные ряды, модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA), прогнозирование цен акций.

Tregub A.V., Tregub I.V. THE PROCEDURE OF CONSTRUCTION THE ARIMA MODEL FOR FORECASTING THE TIME SERIES DYNAMICS.

The technique of processing the information about the dynamics of stationary time series on an example of the analysis the given financial markets by means of the Autoregressive Integrated Moving Average model (ARIMA) is presented in this article. Ways of testing and check the adequacy of model are resulted. The recipe of forecasting the future values of levels the financial time series by the ARIMA model is described.

Key words: information processing; financial time series; AutoRegressive Integrated Moving Average model (ARIMA); forecasted value of stock price.

Скрипник М.В., Курников А.Б. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ, ТЕРПИМЫХ К ЗАДЕРЖКЕ ВРЕМЕНИ.

В статье приведено краткое обоснование необходимости исследования надежности работы телекоммуникационных сетей, в частности сетей DTN, терпимых к задержкам времени. Указаны основные составляющие, характеризующие параметр надежности сети DTN. Предложен подход к созданию математической модели для определения показателя надежности DTN сетей. Произведено сравнение подходов к оценке надежности традиционных телекоммуникационных сетей и сетей DTN. Указывается на возможность создания программного комплекса для определения параметра надежности. Сформулированы краткие выводы по созданию математической модели определения надежности DTN сетей.

Ключевые слова: качество сетей, сети DTN, надежность сетей.

Skripnik M.V., Kurnikov A.B. QUALITY ESTIMATION OF THE HARD AND SOFTWARE IN THE NETWORKING TELECOMMUNICATION.

In this article, a short basis to the necessity of researches in the field of telecommunication networks, and Delay-tolerant networks (DTNs) in particular, reliability determining is given. The main components characterizing the DTN reliability parameter are described. An approach to creating a mathematical model for determining the DTN reliability parameter is proposed. The reliability defining approaches in telecommunication networks and DTNs are compared. It is pointed to the possibility of developing a software system for calculating the reliability parameter. Short results about the creation of the mathematical model to calculate the reliability parameter in DTN networks are formulated.

Key words: network quality, Delay-Tolerant Networking, networks reliability

Артемьев В.Ю., Мороз А.П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ПОМЕХ ПРИ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯХ.

Предлагается метод оценивания структуры и параметров помех для выполнения операций масштабирования параметров помех измерительного и зондирующего каналов при компенсации помех, обусловленных различными наводками в информационных каналах телеметрической системы. Метод основан на анализе энергетических спектров и взаимных спектров информационных и зондирующих сигналов.

Ключевые слова: компенсация помех, измерительный сигнал, зондирующий сигнал.

Artemyev V.Ju, Moroz A.P. DEFINITION OF STRUCTURE AND PARAMETERS OF HINDRANCES AT TELEMEASUREMENTS.

The method of estimation of structure and parameters of interferences to perform scaling operations of parameters of interferences of measuring and probing channels is offered while balancing the interferences caused by various hindrances in the information channels of telemetry system. The method is based on the analysis of power spectra and mutual spectra of information and probing signals.

Key words: the balance of interferences, measuring signal, probing signal.

Петров В.Н., Тюрин В.Е. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ.

В представленной статье авторы предлагают свое видение реформирования экономического механизма лесного хозяйства. Предлагается изменить принципы формирования лесохозяйственной программы, для чего ввести нормативно-технологические карты продукции, мероприятий, услуг с определением их полной себестоимости. Таким образом, контроль за расходованием финансовых средств и качеством выполняемых работ, мероприятий, услуг предприятие лесного хозяйства будет осуществлять в соответствии с утвержденной нормативно-технологической картой. В то же время федеральное агентство Рослесхоз должно взять на себя функции корректировки предлагаемых снизу показателей.

Ключевые слова: экономика лесного хозяйства, нормативно-технологическая карта, лесохозяйственная программа, лесная политика, реформа.

Petrov V.N, Tyurin V.E. THE BASIC DIRECTIONS OF PERFECTION OF THE ECONOMIC MECHANISM OF WOOD RELATIONS.

The authors of the given paper suggest their own reading of the forestry economic mechanism reformation. They offer to change the forestry program organization principles by introducing the normative-operation card of production, acts and services including their total cost determination. Consequently the expenditure control as well as acts, production

and perform services quality control will be exercised by the forestry enterprise according to the approved normative-operational card. At the same time the Federal Agency of Russian Forestry should undertake the functions of adjustment of the indexes offered by enterprises.

Key words: forestry economy, normative-operation card, forestry program, forestry policy, reform.

Сусов Р.В., Багатурия В.В. МЕТОД ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА К ЗАКОНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ ПОСТУПЛЕНИЕМ ЗАЯВОК.

В данной статье автором рассмотрены вопросы идентификация закона распределения вероятностей, характеризующего длительность интервалов между поступлением заявок в бизнес-процессе как в системе массового обслуживания. Автором предложен метод оценки чувствительности имитационной модели бизнес-процессов к закону распределения вероятностей длительности интервалов между поступлением заявок с целью получения адекватных результатов имитационного моделирования бизнес-процесса.

Ключевые слова: бизнес-процесс, имитационное моделирование, система массового обслуживания.

Susov R.V. Bagaturiya V.V. METHOD OF BUSINESS-PROCESS SIMULATION MODEL SENSITIVITY ESTIMATION TO PROBABILITIES DISTRIBUTION LAW OF INTERVALS DURATION BETWEEN REQUESTS INFLOW.

In this article an author has considered identification questions of probabilities distribution law, that describable by intervals duration between requests inflow in business process, as in queue system. An author has offered method of business-process simulation model sensitivity estimation to probabilities distribution law of intervals duration between requests inflow for the purpose of reception adequate business-process simulation results.

Key words: business-process, simulation, queue system.

Дружков Г.А. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ГОЛДРАТТА – «ДЕРЕВО ТЕКУЩЕЙ РЕАЛЬНОСТИ».

В статье продемонстрировано, как можно на практике, а именно на примере сборочно-испытательно-го цеха крупного наукоемкого предприятия, использовать один из инструментов теории ограничений Голдратта – «Дерево текущей реальности». Показано, как с помощью данного инструмента можно выполнить логическое построение, позволяющее наглядно представить текущее состояние дел в рассматриваемой системе, отыскать истинную причину проявления нежелательных и вызывающих недовольство симптомов и спрогнозировать возможные способы ее устранения.

Ключевые слова: дерево текущей реальности, причинно-следственная связь, теория ограничений Голдратта.

Druzhkov G.A. UNIVERSAL TOOL OF THE GOLDRATT'S THEORY OF CONSTRAINTS – THE «TREE OF THE CURRENT REALITY».

The article demonstrates how to use in practice one of the tools of the Goldratt's Theory of Constraints – «The tree of the current reality» on the example of assembly and test department of large high-tech enterprise. It is shown how the usage of this tool enables to create a logical construction, which allows to visualize the current state of things in the system involved, to find the true cause of appearance of undesirable symptoms, and to predict possible ways to eliminate them.

Key words: the tree of the current reality, cause and effect relationship, Goldratt's Theory of Constraints.