



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2012 г. № 3(86)

**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. ЗВЕРЕВА

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, 2012

Подписано в печать 27.04.2012.
Тираж 500 экз.
Заказ № 315
Объем 27,5 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

| | | |
|---|---|-----|
| Голубев А.В., Мозолевская Е.Г., Шарапа Т.В. | <i>Принятия решений о целесообразности санитарно-оздоровительных мероприятий</i> | 4 |
| Чернышенко О.В. | <i>Пылефильтрующая способность древесных растений</i> | 7 |
| Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Чернышенко О.В., Зайцева М.И. | <i>Источники получения древесной зелени для производства аргининового иммуностимулятора</i> | 11 |
| Мозолевская Е.Г., Липаткин В.А. | <i>Результаты лесопатологического обследования усыхающих ельников в Приокско-террасном биосферном государственном заповеднике в 2011 г.</i> | 16 |
| Брынцев В.А., Дроздов И.И., Храмова О.Ю., Храмова М.И. | <i>Лесосеменная база для интродукционных культур кедра сибирского</i> | 21 |
| Овсянникова Н.В., Феклистов П.А., Волкова Н.В., Мочалов Б.А., Мелехов В.И., Дроздов И.И. | <i>Показатели водного режима хвои ели в черничном типе леса</i> | 24 |
| Нечаев А.А. | <i>Видовой состав, ресурсы и освоение дикорастущих ягодных растений российского дальнего востока</i> | 30 |
| Беляева Н.В., Грязькин А.В., Кази И.А. | <i>Влияние выборочных рубок на развитие нижних ярусов растительности</i> | 34 |
| Сабо Е.Д., Кормилицына О.В., Бондаренко В.В. | <i>Виды и динамика уплотнения и разуплотнения почв на вырубках</i> | 42 |
| Винокуров В.Н. | <i>Определение изнашивающей способности основных типов почв Российской Федерации</i> | 46 |
| Винокуров В.Н. | <i>Исследование засоренности почв каменистыми включениями и влияния их на поломки плужных лемехов</i> | 49 |
| Лесоинженерное дело | | |
| Редькин А.К., Макаренко А.В. | <i>Особенности отсчета модельного времени при имитационном моделировании работы лесозаготовительных машин</i> | 53 |
| Кольниченко Г.И., Сиротов А.В., Тарлаков Я.В. | <i>Экспериментальное исследование характеристик дизель-генератора, работающего на дизельном топливе с биодобавками</i> | 58 |
| Быков В.В., Ерхова К.И. | <i>Входной контроль в технологической подготовке предприятий технического сервиса</i> | 62 |
| Быков В.В., Цыпцын Е.А., Носихин А.С. | <i>Улучшение качества приработки деталей дизелей во время обкатки с применением противоизносного антифрикционного ремонтно-восстановительного состава</i> | 65 |
| Лощенов П.Ю. | <i>Способ диагностирования рукавов высокого давления</i> | 69 |
| Суханов В.С. | <i>О стратегии развития лесопромышленного комплекса России</i> | 73 |
| Обливин А.Н., Быковский М.А., Редькин А.К., Камусин А.А. | <i>Лесоинженер: прошлое, настоящее и будущее</i> | 82 |
| Деревообработка | | |
| Рыкунин С.Н., Владимирова Е.Г. | <i>Метод определения выхода коротких заготовок из пиломатериалов</i> | 86 |
| Рыкунин С.Н., Владимирова Е.Г. | <i>Сортирование пиломатериалов на группы качества</i> | 89 |
| Санаев В.Г., Рыбин Б.М., Запруднов В.И. | <i>Описание деформаций и микроразрушений в условиях упруговязкопластической среды</i> | 92 |
| Скуратов Н.В., Протасова А.В. | <i>Анализ методов контроля качества сушки пиломатериалов</i> | 96 |
| Косарин А.А., Расев А.И. | <i>О способе определения конечной влажности древесины при импульсной сушке</i> | 100 |

| | | |
|---|---|-----|
| Семенов Ю.П., Ермоченков М.Г., Кувик Т.Е. | <i>Прогнозирование цвета термомодифицированной древесины</i> | 105 |
| Рыбин Б.М., Санаев В.Г., Кириллов Д.В. | <i>Стандартизация шероховатости поверхности древесины и древесных материалов</i> | 109 |
| Пищик И.И. | <i>К вопросу использования длительно выдержанной древесины в музыкальных инструментах</i> | 115 |
| Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. | <i>Влияние технологии раскроя балансов на фракционный состав щепы</i> | 120 |
| Запруднов В.И., Щербаков А.С. | <i>Прогнозирование влажностно-упругих и термоупругих свойств древесно-минерального композита</i> | 125 |
| Щербаков А.С. Запруднов В.И., | <i>Принципы построения теории прочности и деформативности древесно-минерального композита</i> | 130 |
| Тарасов С.М., Азаров В.И., Иванова А.М. | <i>Модификация аминокальдегидных олигомеров водорастворимыми солями кремниевой кислоты</i> | 132 |
| Винославский В.А., Азаров В.И., Зарубина А.Н. | <i>Декоративно-защитные бумажные покрытия на основе полиуретановых латексов</i> | 137 |
| Амалицкий Вик.В., Амалицкий Вит.В., Пасько С.А. | <i>Определение интенсивности изнашивания дисковых пил в сертификационных испытаниях</i> | 141 |
| Амалицкий Вик.В., Амалицкий Вит.В. | <i>Еще раз о безопасности деревообрабатывающего оборудования</i> | 145 |
| Математическое моделирование | | |
| Шульц А.Н. | <i>Управление температурными режимами и стабилизация прочности вечномерзлых фундаментных оснований дорог и зданий</i> | 148 |
| Шимкович Д.Г. | <i>О некоторых «парадоксах» конечно-элементного моделирования конструкций</i> | 152 |
| Рубинштейн А.И. | <i>Методы решения функциональных уравнений</i> | 155 |
| Дорошенко В.А., Друк Л.В., Усачев М.С. | <i>Метод многокритериального выбора вариантов на основе генетического алгоритма</i> | 160 |
| Полуэктов Н.П., Харченко В.Н., Усатов И.И., Царьгородцев Ю.П. | <i>Автоматизированная система контроля параметров плазмы для получения наноструктурных пленок</i> | 166 |
| Воронков О.В., Исаев В.М. | <i>Выбор приоритетных направлений создания электронной компонентной базы при программно-целевом планировании ее развития в условиях действующих ограничений</i> | 171 |
| Бурков В.Д., Леонов Л.В., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е. | <i>Методы волоконно-оптической низкокогерентной интерферометрии и их применение в разработках волоконно-оптических датчиков физических величин</i> | 174 |
| Бурков В.Д., Леонов Л.В., Перминов С.В., Урванцев И.А., Щукин Д.Г., Харитонов Н.А. | <i>Испытательный стенд для исследования оптических и волоконно-оптических приборов и систем</i> | 180 |
| Экономика | | |
| Егоров В.Г. | <i>Мировой опыт развития кооперации в сельском хозяйстве</i> | 184 |
| Аглицкий И.С., Кулагин Д.Е., Остапенко Д.В. | <i>Классификация банковских рисков при инвестициях в реальный сектор экономики</i> | 190 |
| Аглицкий И.С., Демичева Н.А., Кузьмин В.В. | <i>Нормативно-дескриптивный подход к управлению предприятиями социально-культурной сферы</i> | 194 |
| Физическая культура | | |
| Новиков А.А., Радчич И.Ю., Умаров М.К., Морозов О.С. | <i>Теоретико-методологические положения управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов</i> | 199 |

ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ САНИТАРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А.В. ГОЛУБЕВ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*

Е.Г. МОЗОЛЕВСКАЯ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*

Т.В. ШАРАПА, *доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук*

mozolevskaya@mgul.ac.ru

Практика принятия решений связана с взвешиванием альтернатив, каждая из которых удовлетворяет некоторому набору желаемых переменных и их параметров. Цель санитарно-оздоровительных мероприятий заключается в выборе той альтернативы, которая оптимальным образом удовлетворяет весь набор переменных. Санитарное состояние насаждения принято оценивать по размеру сухостоя и валежа и их доли от общего запаса насаждения. Оптимальным санитарным состоянием можно считать такое, когда количество отпада не нарушает устойчивости и полезности насаждения, его экологические и эстетические свойства.

В основе каждого решения должны лежать эколого-экономические принципы, а производственные планы будут оцениваться окончательно лишь в зависимости от того, какое влияние они оказывают на окружающую среду, включая побочные последствия [1]. Очертим круг основных переменных, которые определяют эколого-экономическую оценку санитарно-оздоровительных мероприятий. Это стоимость древесины, последствия пожаров, в случае, если они произойдут, плотность стволовых вредителей, если не убирать сухостой и валеж, повреждение деревьев и повреждение или гибель подроста при санитарных рубках, затраты на проведение мероприятий. Рассмотрим каждый из этих индикаторов при планировании и осуществлении воздействия или отказе от него.

Потери древесины. В случае, если мы отказываемся от проведения мероприятий, наблюдаются потери древесины. Они складываются от потерь нереализованной древесины и от длительности ее хранения в лесу.

В условиях средней полосы России основная часть сухостоя выбирается на второй–третий год после усыхания [2]. Потери

древесины будут составлять 25 % на следующий после усыхания год, 50 % через два года, 75 % на третий год и 100 – после 4-х лет нахождения древесины в лесу.

Последствия пожаров. Лесные пожары – наиболее распространенное стихийное бедствие в лесах. Они оказывают большое отрицательное влияние на многие процессы жизни леса, в том числе и на смену лесных формаций. По данным [3], отпад после пожара зависит от породы, диаметра дерева и высоты нагара (табл. 1 и 2).

Обычно действие пожара заканчивается на 4-й год. На второй год отпад будет составлять половину первого, на третий – половину второго и т.д.

Стволовые вредители и болезни, как правило, действуют на усыхание насаждения не сами по себе, а в комплексе с другими вредными факторами, и только в отдельных случаях являются самостоятельно действующей силой.

Согласно Семевскому Ф.Н. [4], стволовые вредители применяют две стратегии поведения. Когда их мало, они заселяют ослабленные деревья, а когда много – деревья без признаков ослабления, преодолевая защитную реакцию за счет объединения усилий. Сигналом к такому поведению является соотношение привлекающих и отпугивающих феромонов. Разделить в каждом конкретном случае эти две стратегии не представляется возможным.

В первом приближении будем считать, что причина ослабления насаждений, а следовательно, и действие стволовых вредителей, начинается с отпада, большего чем естественный фон. В этом случае ущерб (M) выражается уравнением

$$M = U_n \times [(R_{(t)} - R_{(t)}^*)],$$

где U_n – доля усыхания насаждений минус естественный отпад;

Величина отпада в сосняках после низовых пожаров по числу стволов (Рн, %) и запасу (Рм, %) в целом для древостоев, в зависимости от среднего диаметра и средней высоты нагара

| Средний диаметр древостоя, см | Р, % | Средняя высота нагара на стволах, м | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | 0,1 – 0,5 | 0,6 – 1,0 | 1,1 – 1,5 | 1,6 – 2,0 | 2,1 – 3,0 | 3,1 – 4,0 | 4,1 – 5,0 | 5,1 – 6,0 | 6,1 и более |
| 8 | Рн Рм | 17 | 43 | 65 | 83 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | 8 | 32 | 56 | 76 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | | 3 | 15 | 39 | 60 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | 2 | 9 | 22 | 38 | 73 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 16 | | 3 | 7 | 19 | 37 | 62 | 96 | 100 | 100 | 100 |
| | | 1 | 4 | 10 | 21 | 45 | 84 | 100 | 100 | 100 |
| 20 | | 1 | 3 | 9 | 20 | 48 | 77 | 95 | 100 | 100 |
| | | 0 | 2 | 6 | 12 | 33 | 72 | 95 | 100 | 100 |
| 24 | | 0 | 2 | 5 | 13 | 31 | 68 | 92 | 100 | 100 |
| | | 0 | 1 | 3 | 9 | 23 | 60 | 87 | 100 | 100 |
| 28 | 0 | 0 | 2 | 7 | 20 | 52 | 87 | 98 | 100 | |
| | 0 | 0 | 1 | 5 | 26 | 47 | 82 | 96 | 100 | |
| 32 | 0 | 0 | 1 | 5 | 13 | 33 | 78 | 95 | 100 | |
| | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 | 36 | 75 | 93 | 100 | |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 | 30 | 76 | 91 | 100 | |
| | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 27 | 66 | 88 | 100 | |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 25 | 61 | 87 | 100 | |
| | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 23 | 57 | 83 | 100 | |

Т а б л и ц а 2

Величина отпада в ельниках после низовых пожаров по числу стволов (Рн, %) и запасу (Рм, %) в целом для древостоев, в зависимости от среднего диаметра и средней высоты нагара

| Средний диаметр древостоя, см | Р, % | Средняя высота нагара на стволах, м | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | 0,1 – 0,5 | 0,6 – 1,0 | 1,1 – 1,5 | 1,6 – 2,0 | 2,1 – 3,0 | 3,1 – 4,0 | 4,1 и более |
| 10 | Рн Рм | 28 | 64 | 85 | 95 | 100 | 100 | 100 |
| | | 22 | 52 | 77 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | | 21 | 56 | 76 | 89 | 98 | 100 | 100 |
| | | 16 | 44 | 67 | 83 | 98 | 100 | 100 |
| 16 | | 12 | 40 | 62 | 80 | 94 | 100 | 100 |
| | | 8 | 30 | 55 | 75 | 93 | 100 | 100 |
| 20 | | 7 | 33 | 53 | 71 | 90 | 100 | 100 |
| | | 4 | 24 | 45 | 67 | 88 | 100 | 100 |
| 24 | | 4 | 27 | 47 | 63 | 85 | 98 | 100 |
| | | 2 | 21 | 40 | 58 | 82 | 98 | 100 |
| 28 | 2 | 23 | 41 | 57 | 79 | 96 | 100 | |
| | 0 | 18 | 36 | 53 | 77 | 96 | 100 | |
| 32 | 0 | 19 | 37 | 53 | 74 | 94 | 100 | |
| | 0 | 16 | 34 | 50 | 73 | 94 | 100 | |
| 36 | 0 | 16 | 34 | 51 | 71 | 92 | 100 | |
| | 0 | 14 | 32 | 47 | 70 | 92 | 100 | |

$R_{(t)}$ – стоимость растущего леса;

$R_{(t)}^*$ – стоимость усохшего леса.

Стоимость растущего леса определяется выражением

$$R_{(t)} = \frac{V \times m}{(1+a)^{T-t}},$$

где V – ожидаемый запас древесины в возрасте рубки, м³/га;

m – стоимость м³ древесного запаса, руб./м³;

T – возраст рубки, лет;

T_1 – возраст насаждений в момент оценки, лет;

a – норма дисконтирования.

Стоимость усохшего леса определяется выражением

$$R_{(t_1)}^* = (1 - 0,006S)V_0 m_0,$$

где S – площадь, на которой предполагается усыхание, тыс.га;

V_0 – запас древесины на 1 га в возрасте t_1 ;

m_0 – стоимость m^3 древесины в возрасте t_1 .

Повреждение деревьев при рубках.

Не существует таких технических средств и методов ухода, которые позволили бы вырубать деревья в насаждениях, не повредив его оставшуюся часть [5]. При этом снижается прирост деревьев и продуктивность насаждений, происходит заражение деревьев грибными болезнями и техническими вредителями, что ухудшает качество древесины при достижении спелости древостоев, нарушает их устойчивость и жизнеспособность.

Согласно лесоводственным требованиям [6], поврежденность деревьев при рубках ухода, количество деревьев с повреждениями (срыв коры, порезы, обдиры с углублениями в древесину ствола и корней) не должно превышать 8 % от их общего числа. На самом деле это количество значительно больше и находится в пределах 10 – 100 % [5].

В Швеции установлен норматив 5 %, но фактически повреждается от 3,5 до 16 %. В Финляндии повреждения оставшихся деревьев достигают 10 %. В США по этой причине снижен прирост деревьев на 12 % и теряется 3,4 % деловой древесины. В Латвии потери прироста за 5 лет составляют 5,4 m^3 [7].

В среднем прирост древесины за пять лет после рубок снижается на 12 %, а потери деловой древесины составляют 35 %.

Повреждение подроста. Другой важной проблемой при санитарных рубках является сохранение подроста, его минимального количества в абсолютных величинах, которого достаточно для естественного возобновления. Эмпирических данных совсем немного, и большая их часть касается рубок главного пользования.

Так, согласно [8], при интенсивности рубки 20–35 % повреждение подроста составляет в среднем 15–25 %. А.А. Анисимов [9] приводит данные о том, что при различных способах заготовки леса поврежденность под-

роста достигала 9 – 32 %. А.А. Букштынов и П.М. Анисимов [10] сообщают, что в среднем гибнет 30 % подроста при рубке сосновых насаждений. Будем считать, что при рубках ухода интенсивностью до 32 m^3 /га повреждение подроста равно 20 % зимой и 30 % в бесснежный период. Из этих данных можно сделать вывод, что повреждение подроста прямо пропорционально объему выбираемой древесины. Тогда при объеме выборки 5 m^3 /га имеем 5 % поврежденного подроста, при 10 m^3 /га – 10 %, 20 – 20 % и 30 – 30 % зимой и 3,5; 7; 14 и 21 % – летом.

Ущерб от повреждения подроста равен эквивалентной сумме на производство культур сосны до возраста подроста.

Иногда лучший вариант виден без расчетов. Но в большинстве случаев необходимо потратить время для количественного анализа альтернативных вариантов.

Библиографический список

1. Голубев, А.В. Математические методы в лесозащите. / А.В. Голубев, Г.Э. Инсаров, В.В. Страхов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 101 с.
2. Энтомологическое обоснование повышения эффективности рубок ухода в сосновых насаждениях. / А.А. Быков // Журн. Лесное хозяйство. – 1987. – № 7. – С. 71–72.
3. Валендин, Э.Н. Крупные лесные пожары / Э.Н. Валендин. – М.: Наука, 1979. – 196 с.
4. Семевский, Ф.Н. Динамика численности животных, растений и человека / Ф.Н. Семевский // Екатеринбург: УРГУ, 2007. – 200 с.
5. Гусев, Н.Н. Рубки ухода за лесом в СССР и за рубежом / Н.Н. Гусев, В.В. Нефедьев. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза, 1986. – 14 с.
6. Лесоводственные требования к технологическим процессам лесосечных работ. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза, 1984. – 12 с.
7. Гусев, Н.Н. Опыт ведения лесопаркового хозяйства в рекреационных объектах в СССР и за рубежом / Н.Н. Гусев, В.А. Максимов. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза, 1985. – 49 с.
8. Валикайнен, М.И. Сохранность подроста при разных способах разработки пазек в лесах Карелии / М.И. Валикайнен, А.И. Кузнецова // Лесозащита и лесное хозяйство. – 1964. – № 7. – С. 7–9.
9. Анисимов, П.М. Сохранность подроста при основных технологических схемах лесозаготовки / П.М. Анисимов // Лесозащита и лесное хозяйство. – 1964. – № 9. – С. 4–7.
10. Букштынов, А.А. Сохранность подроста после лесозаготовки по различным технологическим схемам / А.А. Букштынов, П.П. Анисимов // Лесозащита и лесное хозяйство. – 1965. – № 8. – С. 3–5.

ПЫЛЕФИЛЬТРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

О.В. ЧЕРНЫШЕНКО, проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук

tchernychenko@mgul.ac.ru

Разработка ассортимента древесных растений с повышенной пылефильтрующей способностью необходима при проектировании посадок санитарно-гигиенического назначения. Роль растений как пылевого фильтра исследовалась многими авторами. Такая оценка пылеосаждения в течение конкретного времени приводилась лишь в работе Г.М. Илькуна [1]. Остальными авторами исследовалась способность к пыленакоплению листьями без учета сроков, в течение которых этот процесс осуществлялся. Однако уровень накопления пыли к моменту определения только частично отражает способность растений к пылепоглощению и правильно оценить средоочищающую роль растительности в течение всего вегетационного периода практически невозможно.

Количество осажденной пыли листьями лесных видов изучал Н.В. Подзоров. [5]. Листья древесных растений задерживают до 40 % от валового количества выпавшей пыли, что составляет 1,2...3,2 г/м² листовой поверхности. Самым большим накопителем пыли оказалась береза повислая *Betula pendula Roth* с наибольшей пылефильтрующей способностью (до 70 % всей выпавшей пыли). Известно, что широколиственные виды в городе осаждают до 30 % и хвойные – до 42 % общего количества выпавшей пыли. Древесные растения в лесу и парке со стандартной плотностью кроны улавливают до 199,22 кг/га частиц пыли в течение вегетационного периода, из которых 15,07 кг/га составляет азот, что служит дополнительным источником питания для растений.

Болгарский исследователь М. Дончева-Бонева [9] оценивала количество пыли городскими насаждениями из дуба черешчатого (*Quercus robur L.*), дуба красного (*Quercus rubra L.*) и конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum L.*) на расстоянии 1, 5, 25, и 100 м от проезжей части, установив пылеуловители на трех высотах – 1, 2,5 и 4 м. На расстоянии 5 м от полотна дороги отложение

пыли на 1 м высоты в придорожных посадках на трех пробных площадях было соответственно 54, 59, 72 % от количества пыли, осевшей непосредственно на улице. Наибольшее количество пыли задерживает дуб черешчатый – 6103 мг/м², среднее у каштана конского – 2303 мг/м² и наименьшее у дуба красного – 1080 мг/м². Количество тяжелых металлов на поверхности данных видов повторяет эту закономерность. С удалением от автомагистрали количество пыли на листьях значительно уменьшается: у дуба черешчатого – в 8 раз, у каштана конского – в 5 раз и у дуба красного – в 2,7 раза и варьирует в границах от 400 до 750 мг/м². Минеральная часть осажденной пыли составляет 60 % общего ее количества. Городские зеленые насаждения шириной 5 м, примыкающие непосредственно к автомагистралям, задерживают 40...45 % всей выпавшей пыли, а при ширине 25 м – до 70 %.

Самыми важными критериями для оценки пылефильтрующей способности растений являются морфологические характеристики листьев, их биомасса, количество и качество частиц пыли. Также большое значение имеют физиологическое состояние листа, электростатические и адгезионные свойства, расположение листьев на ветке. Я. Супука [10] предложил следующее уравнение для определения пылефильтрующей способности древесных растений

$$Z_o = P V K_z, \text{ или } Z_o = P K_p K_z K_k,$$

где Z_o – пылефильтрующая способность древесных растений;

P – площадь ассимиляционных органов дерева в м²;

V – максимальное количество адсорбированной пыли в г/м²;

K_z – коэффициент частоты и количества атмосферных осадков, причем ежемесячно количество осадков не должно превышать 70 мм;

K_p – относительный коэффициент отложения пыли на ассимиляционных ор-

ганах от суммы отложений в течение вегетационного периода, $г/м^2$, то есть от P ;

$K_p = p 0,05$ для маленьких и однородных листьев древесных листьев;

$K_p = 0,10$ для листьев среднего размера, а также ворсистых;

$K_p = p 0,20$ для широких листьев, а также глубоко морщинистых или деревьев с очень плотной кроной;

K_k – относительный коэффициент отложения пыли на кору дерева и другие покровные ткани, равный 1,2.

Максимальная аккумуляция пыли была внутри придорожной посадки и достигала 9–10-кратного увеличения по сравнению с отложением пыли на открытой поверхности. Такие насаждения характеризуются средней плотностью и вертикальной структурой, а также продуваемостью на 40 – 60 %. Пылеулавливающий эффект наблюдался на расстоянии 10-кратной высоты насаждений с подветренной стороны и 2-кратной – с наветренной стороны насаждения.

Дерево является постоянно действующим фильтром, и для оценки такого фильтра необходимо знать плотность кроны, ее ширину, высоту и внутреннюю структуру.

Максимальный эффект пылеочищения растительностью достигается при помощи искусственных насаждений шириной 10...30 м. Посадки не должны быть слишком густыми, так как загрязненный воздух огибает посадки сверху, образуя завихрения с подветренной стороны, при этом часть пыли оседает. Более мелкие частицы наталкиваются на листья, иглы и сучья. Листья и сучья деревьев изменяют направление потоков воздуха, и относительно инертные частицы пыли при этом оседают. Лишенные листьев деревья и зимой активно играют роль фитофильтров. Из всей суммы накопления пыли на долю потерявших зеленый покров деревьев в зимнюю пору приходится 40 %, а на лето – 60 %. Особое внимание нужно уделять также посадке кустарников, чтобы заполнить пространство между кронами деревьев и землей. Для удержания осевшей пыли земля должна быть покрыта дерном или подстриженным газоном.

Материалы и методы

Мы оценили способность древесных растений осаждать атмосферную пыль. Адсорбируемую пыль на поверхность листьев и побегов мы разделили на две фракции – растворимую в воде (это сульфаты и нитраты с нитритами) и нерастворимую в воде. Частицы пыли закрепляются на поверхности листьев различными механизмами, среди которых определенную роль играют гуттационные выделения. Смолистые выделения также способствуют лучшему задержанию пыли. Однако не всегда большая опушенность листьев ассоциируется с более высокой пылезадерживающей способностью. Анализ литературных данных [6] также это подтверждает. Противоречивость результатов можно объяснить тем, что седиментация аэрозолей зависит не только от характера поверхности листьев, рельефа, но и от конфигурации листа, электростатических эффектов, аэродинамических условий в кронах деревьев, степени ажурности кроны.

Для оценки пылефильтрующей способности древесных растений были заложены пробные площади в зеленых насаждениях города, расположенных на различных расстояниях от магистрали с интенсивным движением около 8000 автомобилей в час. Наблюдения проводились в течение 5 лет на расстоянии 1, 5, 10, 100 и 1000 м от дороги.

Отбор листьев проводился методом средней пробы в центре с двух сторон (со стороны автомагистрали и со стороны тротуара) или с южной стороны кроны 4 – 6 раз в течение вегетации [7,8] с 10 деревьев одного вида в каждой зоне загрязнения. Не менее 10 побегов отбиралось с каждого дерева. Фиксация листьев проводилась высушиванием в термостате при температуре 105°C. Определение общей серы и азота в листьях проводилось по уже известным методикам на спектрофотометре КФК – 3 [2,3,4]. Количество адсорбированной пыли и газов определялось по специально разработанной методике: листья перед высушиванием отмывались в 50 мл воды, затем количество твердого осадка определялось на фильтре после высушивания.

Количество адсорбированных газов определялось также колориметрически на КФК-3.

Результаты и обсуждение

Анализ всех данных за 5 лет показал, что метеорологические условия каждого года оказывают огромное влияние на количество пыли, адсорбированной поверхностью дерева. Однако достоверных различий по количеству пылеосаждения листьями древесных растений в различных типах посадок в одной зоне загрязнения не наблюдалось за все годы исследований.

Все древесные и кустарниковые виды можно разделить на 3 группы по интенсивности накопления пыли.

1. С максимальной пылефильтрующей способностью, абсорбирующей до 5 г/м² ассимиляционной поверхности:

1. Ясень пушистый *Fraxinus pubescens* Marsh.

2. Клен Гиннала *Acer ginnala* Maxim.

3. Тополь черный *Populus pyramidalis* Rozier

4 Тополь бальзамический *Populus Balsamifera*

5. Вяз перисто-ветвистый *Ulmus pinnatoramosa* Diech.

6. Лох серебристый *Elaeagnus argentea* Purch.

7. Чубушник веничный *Philadelphus coronarius* L.

8. Смородина золотистая *Ribes aureum* Pursh.

9. Яблоня сливолистная *Malus prunifolia* (Willd) Borekh.

10. Яблоня ягодная *Malus baccata* Borkh.

11. Рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L.

12. Груша уссурийская *Pyrus ussuriensis* Maxim.

13. Береза повислая *Betula pendula* Roth.

14. Липа мелколистная *Tilia cordata* Mill.

15. Роза морщинистая *Rosa rugosa* Thunb.

16. Чубушник венечный *Philadelphus coronaris* L.

2. Со средней пылефильтрующей способностью (до 2 г/м²):

1. Клен остролистный *Acer platanoides* L.

2. Вяз гладкий *Ulmus laevis* Pall.

3. Клен ясенелистный *Acer negundo* L.

4. Снежноягодник белый *Symphoricarpos albus* (L).

5. Бузина черная *Sambucus racemosa* L.

6. Карагана древовидная *Caragana arborescens* Lam.

3. С минимальной фильтрующей способностью (до 0,5 г/ м²):

1. Конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum* L.

2. Сирень обыкновенная *Syringa vulgaris* L.

Мы также попытались определить количественно адсорбирование окислов серы и азота побегами листовых древесных растений. Побеги отмывались по такой же методике, что и листья.

Количество адсорбируемых окислов азота на побегах клена остролистного в зоне максимального загрязнения постепенно увеличивается к концу вегетации. Так, осажде-ние в июне составило 0 мг/г, в июле – 6,04 ± ± 0,31 и в начале сентября оно увеличивается до 18,12 ± 0,75, при этом адсорбированные частицы полностью смыты с листьев. Количество осажденных окислов азота на расстоянии 60 и 1000 м от шоссе составило в конце вегетации соответственно 6,11 ± 0,30 и 7,08 ± 0,60.

Количество адсорбированной серы увеличилось к концу вегетации в 2 раза в зоне максимального загрязнения, эта величина была на порядок ниже, чем количество азота, и составила 0,29 ± 0,01. Содержание серы, адсорбированной побегами в других зонах, было меньше в 1,5...2 раза.

Самые высокие значения адсорбирования азота и серы побегами наблюдались у ясеня пушистого, липы мелколистной и рябины обыкновенной (рис.1,2.).

Адсорбирование окислов азота и серы побегами достоверно снижалось на расстоянии 60 и 1000 м от шоссе с интенсивным движением в 1,2 и 1,6 раза соответственно. Достоверных различий по отложению этих окислов на побегах всех исследуемых видов в зонах минимального загрязнения не обнаружено. По сравнению с деревьями, произрастающими в городе, побеги в условиях фона не адсорбируют окислы азота, а количество окислов серы составляет всего лишь 5 – 20 %

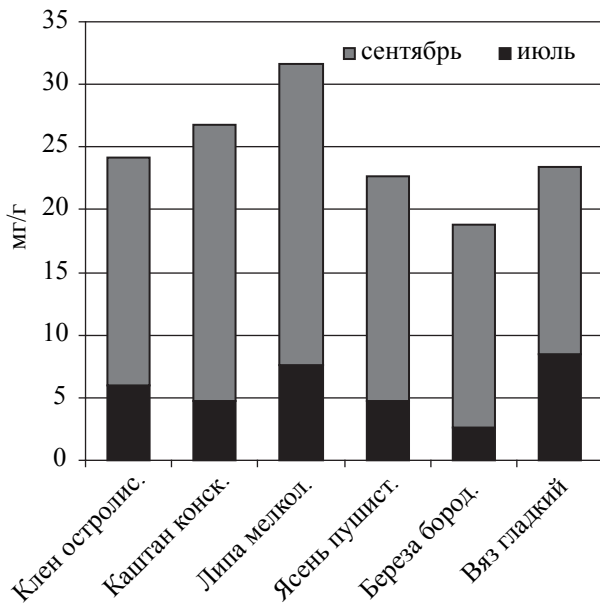


Рис. 1. Адсорбирование окислов азота побегами древесных растений в зоне максимального загрязнения, мг/г

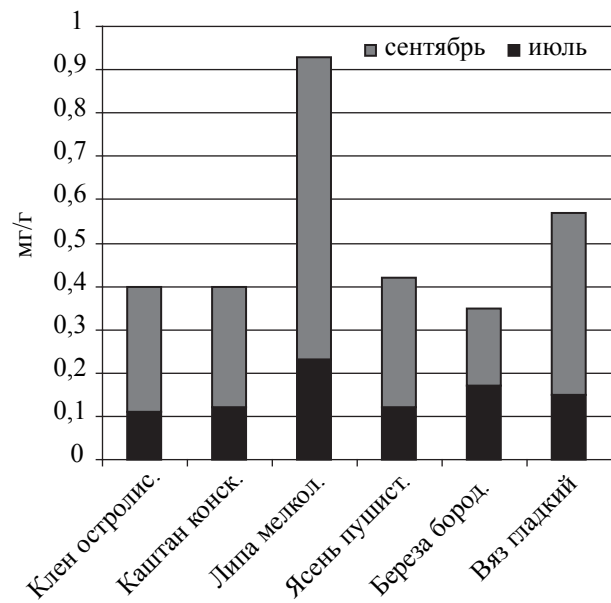


Рис. 2. Адсорбирование окислов серы побегами древесных растений в зоне максимального загрязнения, мг/г

от ее содержания в зоне минимального загрязнения.

Выводы

В зонах сильного загрязнения в качестве биофильтров рекомендуется использовать ясень пушистый, клен Гиннала, тополя, вяз перисто-ветвистый, рябину обыкновенную, грушу уссурийскую, березу повислую, липу мелколистную.

Высокая адсорбирующая способность кустарников связана с тем, что наибольшее количество частиц пыли выпадает именно на высоте кустарников (до 1 м). Гладкие листья смородины золотистой обладали максимальной пылеадсорбирующей способностью по сравнению с другими кустарниковыми видами, причем именно к концу вегетации. Итак, среднегазоустойчивые виды в условиях Москвы обладают наибольшей способностью к накоплению пыли, окислов азота и серы на поверхности листьев деревьев. Самые важные критерии для оценки пылефильтрующей способности древесных растений: морфологические характеристики листьев, их биомасса, количество и качество частиц пыли.

Библиографический список

1. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова Думка, 1978. – 247 с.

2. Маслов, Ю.И. Микроопределение серы в растительном материале / Ю.И. Маслов // Методы биохимического анализа растений. – Л.: ЛГУ, 1978. – С. 146–154.

3. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. – М.: Гидромет, 1981. – С. 108.

4. Методы биохимического анализа растений. – Л.: ЛГУ, 1978. – 280 с.

5. Подзоров, Н.В. Пылефильтрующая способность насаждений / Н.В. Подзоров // Лесное хозяйство. – 1967. – № 1. – С. 39–40.

6. Фелленберг, Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию / Г. Фелленберг. – М.: Мир, 1997. – 232 с.

7. Церлинг, В.В. О методике сбора растительного материала для диагностики микроэлементного состава / В.В. Церлинг // Бюллетень почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1980. – Вып. 24. – С. 7–9.

8. Цельникер, Ю.Л. Определение листовой массы древостоя без отрывания листьев / Ю.Л. Цельникер // Ботанический журнал. – 1963. – № 4. – С. 557–563.

9. Дончева-Бонева, М. Замърсяване на атмосферния въздух с прах от автомобилния транспорт и пр. хоззащитни функции на дървесната растителност / М. Дончева-Бонева. Наука за гората. – № 1/ 2. – С. 100–103.

10. Supuka J. Ecological importance of woody plants in reduction of the reduction on the solid particles impacts in settlements. *Folia Dendrologica*, 1997. – № 1–2. – P. 85–95.

ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРГИНИНОВОГО ИММУНОСТИМУЛЯТОРА

Е.В. РОБОНЕН, *ведущий физик лаб. лесовосстановления Института леса КарНЦ РАН,*
Н.П. ЧЕРНОБРОВКИНА, *доц. в.н.с. лаб. лесовосстановления Института леса КарНЦ РАН,*
д-р биол. наук,
О.В. ЧЕРНЫШЕНКО, *проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук,*
М.И. ЗАЙЦЕВА, *ст. преподаватель каф. водоснабжения и водоотведения ПетрГУ, канд.*
техн. наук

er51@bk.ru; chernobr@krc.karelia.ru; tchernychenko@mgul.ac.ru; 2003bk@bk.ru

Леса в Карелии занимают значительные территории и составляют сырьевую основу развития лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. При рубке лесных насаждений на лесосеке образуются отходы – порубочные остатки. В большом количестве представлена древесная зелень, которая является неиспользуемым биоресурсом. Проблема ее утилизации требует решения. Древесная зелень является источником большого числа БАВ, значительное их количество (до 30 %) составляют водорастворимые фракции, в том числе свободные аминокислоты. [1, 2]. Ряд аминокислот используют в медицине и в ветеринарии. Для повышения неспецифической резистентности в последнее время предлагаются в качестве иммуномодулирующих средств отдельные аминокислоты [3, 4]. Обнаружено положительное влияние витамина Е в комплексе с L-аргинином на иммунитет бройлерных цыплят [5]. В зеленой массе сосны может содержаться витамин Е (токоферола) до 360 мг/кг сухого вещества, что превосходит содержание в люцерновой муке и в молодой траве (разнотравье). Хвоя издавна использовалась в медицине и сельском хозяйстве. Повышение в растительном сырье содержания свободных аминокислот и изменение их количественного соотношения можно осуществлять путем регуляции минерального питания растений. Разбалансированность минерального питания хвойных растений приводит к изменению состава свободных аминокислот в их тканях [8, 10, 11]. При избытке азота и дефиците фосфора у хвойных происходит накопление аминокислот с высоким содержанием азота – аргинина, лизина, орнитина. Ранее нами

было показано стимулирующее влияние добавки азота и бора на накопление L-аргинина у сосны обыкновенной [8].

Для оценки экономической целесообразности организации производства аргининового иммуностимулятора необходимо провести анализ потенциальных источников сырья (хвои, обогащенной L-аргинином) с учетом их доступности, объемов, затрат на проведение мероприятий по обогащению хвои L-аргинином, количества получаемого продукта с единицы площади. Источником сырья может являться древесная зелень, образующаяся при рубках главного пользования, рубках ухода, вырубке трасс при строительстве дорог, ЛЭП, нефте- и газопроводов, регулярных рубках по расчистке действующих трасс, а возможно и целевое плантационное лесовыращивание с коротким сроком ротации (оборотом рубки). Для сравнения экономической эффективности различных вариантов необходимо провести исследования на древостоях разного возраста. Так, при расчистке трасс ЛЭП источником сырья является обычно молодняк древесных растений до 4 м высотой, что предполагает иную, чем на спелых древостоях, схему внесения удобрений. Расчет количества полученной с одного гектара древесной зелени в этом варианте будет иным. Общая биомасса с единицы площади будет меньше, чем в спелом древостое, но доля древесной зелени в ней – больше, а значит и использование удобрений эффективнее.

Запас древесной зелени в древостое оценивают, используя таблицы массы древесной зелени по ступеням толщины деревьев и разрядам высот и данные перечета или клей-

меня деревьев по ступеням толщины в лесосеке и сведения о разряде высот древостоя. Для выявления закономерностей в накоплении древесной зелени в древостоях, связи между ее массой и таксационными признаками древостоев и отдельных деревьев широко применяется метод регрессионного анализа [7].

Цель работы – оценить целесообразность использования древесной зелени, образующейся в результате проведения регулярных рубок по расчистке действующих трасс линий электропередач, в качестве потенциального источника сырья (хвои, обогащенной L-аргинином) для получения аргининового иммуностимулятора; испытать вариант позднелетнего внесения удобрений с целью увеличения содержания L-аргинина в хвое сосны обыкновенной.

Материалы и методы

Объект исследования – 15-летний молодняк сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) естественного возобновления, сформировавшийся на расчищенной 15 лет назад трассе ЛЭП, являющийся сложным древостоем, состоящим из трех ярусов. Почва песчаная, напочвенный покров бедный (редкий) или отсутствовал. Почвы имели оптимальную для роста хвойных растений кислотность и низкий уровень азота и бора.

На каждой из 3 пробных площадей были заложены по 4 модельных участка (3 варианта опыта и контроль), по 25 м² каждый. Оптимизацию доз проводили с учетом высоты дерева. Высота деревьев 1, 2 и 3-го ярусов составляла 2.6–4.5; 1.1–2.5 и до 1.0 м соответственно.

Заложено эксперимент по испытанию варианта позднелетнего (конец августа) внесения различных доз удобрений на накопление L-аргинина в хвое деревьев сосны обыкновенной различной высоты и сроков заготовки растительного сырья. На опытных модельных участках в почву в третьей декаде августа вносили азот в дозах 100, 150 и 200 кг га⁻¹ в виде сухой аммиачной селитры и бор в дозе 2,5 кг га⁻¹ в виде водного раствора борной кислоты. На контрольных участках азот и бор в почву не вносили.

Образцы хвои с трех опытных и контрольного участков отдельно по ярусам ежемесячно, с момента закладки эксперимента, отбирали и фиксировали методом лиофилизации, содержание L-аргинина в хвое определяли по методу Сакагучи [12]. Экстракцию аминокислоты из хвои проводили горячей водой (60° С). Образцы хвои анализировали для каждого варианта опыта и по ярусам отдельно, чтобы определить, какие ярусы эффективно использовать для заготовки хвойной лапки с учетом концентрации L-аргинина в хвое и запасов хвойной лапки на гектар.

Для оценки количества древесной зелени на гектар в исследуемом древостое на основе данных таблиц по двухсантиметровым ступеням толщины при рубках ухода в сосняках [6] построили регрессионные уравнения вида $y = ax^2 + bx + c$, где x – высота дерева, y – масса древесной зелени, (рис. 1 табл. 1). Для оценки адекватности регрессионной модели рассчитывали коэффициент детерминации R^2 и уровень значимости p . Принимали модель адекватной при уровне значимости 5 %. Обработку данных проводили с помощью табличного процессора Excel.

На пробных площадях был проведен пересчет деревьев по ступеням толщины, измерены высоты деревьев и с помощью регрессионных уравнений, аппроксимирующих зависимость массы древесной зелени сосны от высоты дерева по ступеням толщины, рассчитана масса древесной зелени каждого дерева на участке, данные просуммированы по трем ярусам, рассчитана масса древесной зелени на гектар.

Результаты и обсуждение

Содержание L-аргинина в хвое контрольных деревьев не различалось достоверно по ярусам и составляло 0,097–0,24 % от сухой хвои. Значительное увеличение содержания L-аргинина под воздействием осеннего внесения азота в дозе 200 и бора в дозе 2.5 кг га⁻¹ наблюдалось с середины октября в хвое деревьев сосны 1 и 2 ярусов. В третьей декаде октября оно превышало значения у контрольных деревьев в 3,7 и 3,9 раза соответственно, составив 6,22±0,41 и 6,02±0,39 кг т⁻¹ сухого

Параметры регрессионных уравнений вида $y = ax^2 + bx + c$, аппроксимирующих зависимость массы древесной зелени сосны от высоты дерева по ступеням толщины при рубках ухода в Карелии (по данным Зябченко и др., 1984)

| Ступени толщины, см | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>R</i> ² |
|---------------------|----------|----------|----------|-----------------------|
| 2 | 0,0024 | -0,0684 | 0,4126 | 0,9151 |
| 4 | -0,0065 | -0,0434 | 1,1384 | 0,9914 |
| 6 | 0,0272 | -0,7552 | 5,6302 | 0,9972 |
| 8 | 0,0538 | -1,9647 | 17,4 | 0,9921 |
| 10 | 0,0431 | -2,2801 | 25,775 | 0,9705 |
| 12 | -0,0335 | -0,4386 | 19,499 | 0,9961 |

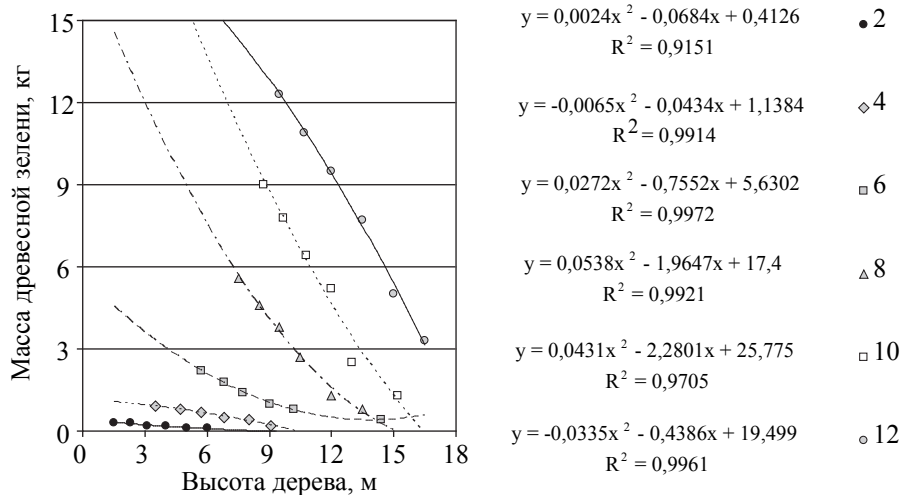


Рисунок. Масса древесной зелени сосны при рубках ухода в Карелии по ступеням толщины (по данным Зябченко и др., 1984)

вещества. Несмотря на то, что удобрения вносили в конце вегетации, водные потоки в течение сентября активно доставляли элементы питания в надземные органы и обеспечили избыток азота в хвое, который привел к биосинтезу богатых азотом аминокислот, прежде всего L-аргинина. В течение ноября и декабря происходило дальнейшее увеличение содержания L-аргинина в хвое опытных деревьев, достигая значений 0,84–0,93 % от сухой хвои. С января до начала марта у опытных деревьев оно существенно понизилось и практически не отличалось от контроля, составляя 0,09–0,21 % от сухой хвои. В конце марта зафиксирован новый подъем содержания L-аргинина в хвое опытных деревьев до 0,73 % от сухой хвои.

При расчете количества L-аргинина, содержащегося в древесной зелени 15-летнего соснового молодняка, принимаем среднее значение за период с ноября по декабрь

– 0,89 % от сухой хвои. Количество L-аргинина в хвое опытных деревьев 3-го яруса под воздействием осеннего внесения азота в дозе 200 и бора в дозе 2,5 кг га⁻¹ имело тенденцию к снижению (0,15–0,21 %). Можно предположить, что при внесении удобрений в конце вегетации такие дозы оказались слишком высокими для этих растений и синтез аминокислот, включая L-аргинин, был заторможен. При внесении азота в дозе 150 кг га⁻¹ наблюдалось незначительное увеличение содержания L-аргинина в хвое опытных деревьев всех категорий роста.

В проведенных нами ранее полевых опытах с двухлетними сеянцами сосны обыкновенной при внесении в почву азота с бором в первой половине вегетации (в конце мая и начале июля) и отборе образцов в третьей декаде июля уровень L-аргинина в хвое в расчете на единицу сухого вещества увеличивался по сравнению с контролем в 19,7

Количество L-аргинина в хвое соснового молодняка, произрастающего на трассе ЛЭП, после внесения удобрений по предлагаемой схеме, кг га⁻¹ (в конце октября)

| | Высота деревьев от 1,0 до 2,5 м | | | Высота деревьев от 2,6 до 4,5 м | | |
|--|---------------------------------|---|-------|---------------------------------|---|-------|
| | | ± | | | ± | |
| Масса древесной зелени, т га ⁻¹ (в свежесрубленном состоянии) | 7,86 | | 0,39 | 7,11 | | 0,356 |
| Масса хвои, т га ⁻¹ (78 % от массы древесной зелени) | 6,13 | | 0,31 | 5,55 | | 0,28 |
| Масса хвои, т га ⁻¹ , сухого вещества (47 % от массы свежей хвои) | 2,88 | | 0,14 | 2,61 | | 0,13 |
| Содержание L-аргинина в хвое, % от сухого вещества | | | 0,62 | | | 0,60 |
| Масса L-аргинина, кг га ⁻¹ | 17,92 | | 0,90 | 15,69 | | 0,78 |
| Масса L-аргинина, кг га ⁻¹ , сумма | | | 33,61 | | | 4,12 |

раз. Дополнительное обеспечение растений азотом в сочетании с бором повышало содержание суммы свободных аминокислот в хвое до $2,67 \pm 0,24$ кг т⁻¹ сухого вещества. Это повышение происходило преимущественно за счет L-аргинина. Его содержание в хвое составило в контроле $0,1 \pm 0,01$ кг т⁻¹ сухой массы, в опыте с использованием азота и бора – $2,03 \pm 0,17$ кг т⁻¹ сухой массы.

Увеличение содержания L-аргинина в хвое относительно контроля при позднелетнем внесении удобрений было менее значительно, чем в опыте с весенним внесением, что, видимо, связано с осенним отбором образцов в первом случае и летнем – во втором. В октябре, ноябре содержание L-аргинина в хвое контрольных деревьев также повышается, а летом при ограниченном, но сбалансированном минеральном питании аргинин в хвое сосны обыкновенной содержится лишь в следовых количествах [10].

В результате перечета деревьев на пробных площадях было установлено, что в исследуемом сосновом молодняке густота древостоя составляла 20000 деревьев на га, деревьев 1-го, 2-го и 3-го ярусов – 28 %, – 63 % и 9 % соответственно.

Используя результаты измерения высоты и диаметра деревьев, с помощью регрессионных уравнений рассчитываем массу древесной зелени на гектар по ступеням толщины. Полученные значения просуммированы для двух ярусов с учетом количества деревьев каждого яруса на единицу площади (табл. 2).

При расчете массы хвои принимаем, что для сосны она составляет 78 % от массы древесной зелени, а масса сухого вещества хвои составляет 47 % от массы свежей хвои [6]. Массу древесной зелени деревьев 3 яруса при расчете общего количества L-аргинина в насаждении не учитывали, поскольку увеличения содержания L-аргинина в хвое опытных деревьев этой категории под воздействием избыточного осеннего внесения азота и бора не наблюдалось.

Количество L-аргинина, содержащегося в хвое 15-летнего соснового молодняка, произрастающего на трассе ЛЭП после внесения удобрений по предлагаемой схеме, у деревьев 1 и 2 ярусов составило $26,80 \pm 1,34$ и $24,24 \pm 1,21$ кг га⁻¹ соответственно, что в сумме составило $51,04 \pm 4,12$ кг га⁻¹

Результаты исследований показали, что позднелетнее внесение удобрений допустимо с целью значительного увеличения содержания L-аргинина в хвое сосны обыкновенной, которое наблюдается в период с конца октября до конца декабря и в конце марта. Для установления возможной зависимости времени начала и завершения процесса накопления L-аргинина от погодных условий требуются дальнейшие исследования. Регулированием вносимых в почву доз азота и бора можно стимулировать накопление этой аминокислоты у хвойных растений.

Сравнительный анализ потенциальных источников сырья (хвои, обогащенной L-аргином) в условиях южной части Карелии показал, что вариант с использованием

хвойной древесной зелени, образующейся при расчистке трасс линий электропередач, может рассматриваться как рациональный. Проблема расчистки трасс под ЛЭП актуальна для многих энергосистем России. Заращение просек древесно-кустарниковой растительностью приносит большой экономический ущерб от аварий, работы по расчистке трасс ЛЭП значительно повышают надежность энергоснабжения потребителей. Проблема заращения становится очевидной через 5–15 лет после очередной расчистки, в зависимости от породы деревьев и почвенно-климатических условий. Для удаления древесно-кустарниковой растительности под линиями электропередачи, трубопроводных магистралей, при утилизации порубочных остатков после лесозаготовительных работ, для подготовки почвы перед посадкой деревьев в настоящее время используются специальная техника – профессиональные лесные мульчеры, осуществляющие измельчение органических остатков на биомассу, фрезеровщики пней, предназначенные для удаления пней и корневых систем различного диаметра. Мульчер выстилает поверхность площадки утилизированной щепой, что на первом этапе замедляет рост древесно-кустарниковой растительности. Однако со временем, в результате естественной биоконверсии древесных отходов, ускоренной благодаря измельчению, появляющаяся растительность будет хорошо обеспечена элементами питания на этой территории. При подготовке почвы перед посадкой деревьев или в ландшафтном строительстве это является плюсом, но для трассы под ЛЭП нежелательно. Экономически более целесообразно было бы удалять переработанные отходы с обрабатываемой территории для дальнейшего их использования в различных направлениях, в зависимости от состава отходов. Очищенная от растительных остатков площадь, при условии соответствия почвенных условий, может оказаться пригодной для естественного возобновления хвойных пород. При расчистке трасс ЛЭП в результате прохождения техники на базе специальных гусеничных машин происходит значительное нарушение напочвенного покрова и подстилки, в результате чего образуется измененный

почвенный горизонт, сформированный из различных почвенных горизонтов на глубину до 20 см. Известно, что семенное возобновление ели и сосны зависит от степени нарушенности живого напочвенного покрова и подстилки [9]. Естественное возобновление сосны сдерживается задержанием почвы или вследствие разрастания подлеска из листовенных древесных пород. При устранении этих неблагоприятных факторов сосна возобновляется при обсеменении от стены леса в достаточном количестве при ширине лесосеки до 60 м. Фактически в результате проведения работ по расчистке трассы ЛЭП с использованием специальных гусеничных машин образуется площадь, подготовленная для естественного возобновления древесных растений хвойных пород. Если при расчистке трасс ЛЭП удалять хвойный молодняк для утилизации древесной зелени, в результате прохождения техники одновременно будет происходить подготовка почвы для следующей ротации хвойных.

Стоимость расчистки от деревьев одного гектара трассы ЛЭП по данным на 2010 г. в условиях Карелии составляла от 1,8 до 3,5 тыс. руб. Использование древесной зелени, получаемой при расчистке трасс ЛЭП, в качестве сырья для получения БАВ позволило бы сократить расходы по обслуживанию трасс, сделать процесс максимально экономичным, ресурсосберегающим. Для того чтобы хвоя деревьев, растущих на трассе, планируемой к расчистке, имела высокое содержание L-аргинина, необходимо заблаговременно внести азотные и борные удобрения по схеме, разработанной с учетом почвенных условий данной территории и категории деревьев, преобладающих в молодняке.

Библиографический список

1. Ягодин, В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени / В.И. Ягодин; под ред. Ю.И. Холькина. – Л., 1981. – 224 с.
2. Левин, Э.Д. Переработка древесной зелени / Э.Д. Левин, С.М. Репях. – М., 1984. – 120 с.
3. Великанов, В.И. Состояние общей резистентности телят под воздействием препаратов аминокислот / В.И. Великанов, Л.В. Харитонов, Д.Е. Пронькин // Тезисы докладов 18-го съезда физиол. об-ва им. И.П. Павлова. – Казань, 2001. – 317 с.

4. Пронькина, Е.А. Влияние препаратов аминокислот на функциональное состояние и неспецифическую резистентность организма телят: дисс. ... канд. биол. наук / Е.А. Пронькина. – Нижний Новгород, 2005. – 132 с.
5. Abdukalykova S. Arginine and Vitamin E Improve the Cellular and Humoral Immune Response of Broiler Chickens, / S. Abdukalykova, C. A. Ruiz-Feria // 2006. International Journal of Poultry Science 5 (2): 121–127.
6. Зябченко, С.С. Древесная зелень – важная кормовая добавка / С.С. Зябченко, А.А. Иванчиков, А.Ф. Козлов и др. – Петрозаводск: Карелия, 1984. – 38 с.
7. Бабич, Н.А. Биологическая продуктивность лесных культур / Н.А. Бабич, М.Д. Мерзленко. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. – 89 с.
8. Чернобровкина, Н.П. Накопление L-аргинина в хвое сосны обыкновенной при регуляции азотного и борного обеспечения / Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен, М.И. Зайцева // Химия растительного сырья. – 2010. – № 3. – С. 11–14.
9. Сергиенко, В.Г. Естественное лесовозобновление на сплошных вырубках южно-таежного района европейской части России / В.Г. Сергиенко, О.И. Соколова, А.М. Иванов // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: материалы Всеросс. науч. конф. с международ. участием (Петрозаводск 30.09-03.10.2009 г.). – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. – С. 140–143.
10. Nasholm T., Ericsson A. Seasonal changes in amino acids, protein and total nitrogen in needles of fertilized Scots pine trees // Tree Physiology. 1990. V.6. P. 267–281.
11. Gezelius K, Nasholm T. Free amino acids and protein in Scots pine seedlings cultivated at different nutrient availabilities // Tree Physiology. 1993. V. 13. № 1. P. 71–86.
12. Greenstein J.P., Winitz M. Chemistry of Amino Acids. New York. London. John Veley and Sons, IV– 1961. P. 1847–1848.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УСЫХАЮЩИХ ЕЛЬНИКОВ В ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОМ БИОСФЕРНОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ В 2011 г.

Е.Г. МОЗОЛЕВСКАЯ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*
В.А. ЛИПАТКИН, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук*

mozolevskaya@mgul.ac.ru

По просьбе администрации заповедника 12 мая 2011 г. экспертная комиссия провела лесопатологическое обследование усыхающих насаждений ели в кв. 24, выделы 23 и 18.

В результате экспертного обследования насаждений комиссией установлено, что в кв. 24 наблюдается массовое усыхание (80–90 %) деревьев ели и действует очаг короеда типографа (*Ips typographus*, Scolytidae, Coleoptera). В момент обследования типограф продолжал заселять оставшиеся живыми деревья ели. Состояние деревьев других пород (сосны, липы и березы) оставалось удовлетворительным. Почти все усохшие деревья ели были заселены или отработаны короедом типографом. При этом кора многих деревьев ели была расклевана дятлами и местами осыпалась. Состояние подроста ели в насаждениях оставалось удовлетворительным.

На основании экспертного лесопатологического обследования комиссией было

принято решение о необходимости детального лесопатологического обследования усыхающих ельников. Детальное обследование проводилось в первой декаде августа 2011 г. студентом МГУЛ А. Курдюковым.

В процессе детального лесопатологического обследования перечень деревьев был проведен на одной маршрутной и на шести круговых пробных площадях (ПП). Количество учтенных деревьев разных пород, по данным ПП, было равным 149, в том числе, Е – 116 шт., С – 15, Лп -12, Б – 3. Состав обследованных насаждений оказался равным 8Е 1С 1Лп + Б.

В табл. 1 приведены результаты перечета деревьев ели на ПП, диаметр стволов учтенных деревьев и доля деревьев с признаками заселения короедом типографом. При перечете деревьев на пробных площадях употреблялись общепринятые категории состояния деревьев: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослаблен-

Соотношение деревьев ели разных категорий состояния на всех ПП, диаметр деревьев и их заселенность типографом

| № ПП | Учтенные категории состояния деревьев | Суммарное количество деревьев на всех ПП, шт. | Суммарное количество на всех ПП, % | Диаметр деревьев, средний / мин. / макс., см | Кол-во деревьев с типографом, шт./ % |
|-------|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1 | 1 | 5 | 4,3 | 33 / 22–48 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 1,7 | 32 | 0 |
| 3 | – | – | – | – | – |
| 4 | 4 | 1 | 0,9 | 33 | 0 |
| 5 | 5 | 76 | 65,5 | 36,0 / 22–30 | 76 / 100 |
| 6 | 6 | 32 | 27,6 | 34,8 / 12–48 | 32 / 100 |
| Всего | | 116 | 100 | 35,4 / 12–51 | 108 / 93 |

Т а б л и ц а 2

Диаметр деревьев ели разных категорий состояния по данным перечета на ПП

| Средний / мин. – макс. диаметры деревьев на высоте груди у деревьев ели разных категорий состояния | | | | | |
|--|----|----|--------------|--------------|--------------|
| 33 / 22-48 | 32 | 33 | 36,0 / 22-30 | 34,8 / 12-48 | 35,4 / 12-51 |
| Количество учтенных деревьев ели разных категорий состояния на всех ПП | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 76 | 32 | 116 |

ные, 4 – сухой текущего года, 6 – сухой прошлых лет.

Оказалось, что большая часть деревьев ели на момент обследования относилась к сухой текущего и прошлых лет (5-й и 6-й категориям состояния деревьев), что указывает на уже состоявшееся массовое усыхание ели в обследованном насаждении. При этом большая часть деревьев ели (93 %) была заселена и отработана типографом, что позволяет отнести насаждение к действующим его очагам.

Заселенными типографом в обследованном насаждении были деревья 5-й категории (сухой текущего года), а отработанными – деревья 6-й категории (сухой прошлых лет). Последние, в основном, заселены в 2010 г. На основании этих данных можно делать вывод о том, что продолжительность развития обследованного очага короеда типографа составляет на момент обследования примерно два года. Кроме типографа на единичных деревьях были обнаружены ходы гравера и личиночные площадки усача рода *Monochamus*. При перечете на ПП у небольшой части деревьев ели были отмечены признаки поражения их опенком – характерные пленки под корой в комлевой части деревьев.

К причинам усыхания ели и массового размножения короеда типографа можно отнести снижение устойчивости старовозрастных насаждений ели в аномальную погодную ситуацию лета 2010 г. Летняя жара 2010 г. способствовала не только ослаблению деревьев ели, но и ускоренному развитию типографа, который в этот год дал два поколения.

Сравнение диаметров деревьев разных категорий состояния на всех ПП проведено в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, средние диаметры деревьев ели разных категорий состояния мало отличались друг от друга: 33 – 32 – 33 – 36 – 34 см, и все они близки к среднему диаметру ели в насаждении (35,4 см). Это говорит об одновременном ослаблении деревьев ели, произошедшем под влиянием комплекса неблагоприятных условий. К ним можно отнести аномально высокие температуры и отсутствие осадков в течение жаркого периода летом 2010 г. Высокий возраст деревьев способствовал повышенной их уязвимости и массовому заселению деревьев короедом типографом.

Типограф относится к известнейшим и широко распространенным и опасным вредителям ели. Как правило, массовые раз-

Результаты анализа короедных моделей в очаге типографа в 2011 г.

| Диаметр дер., см | Родительское поколение, 1 дм ² | Молодое поколение, 1 дм ² | Энергия размножения | Длина маточных ходов |
|------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 49 | 2,75 | 15 | 6,3 | <u>4,4</u> 3,3 – 6 |
| 32 | 3,0 | 5 | 1,7 | <u>3,4</u> 2,5 – 4,3 |
| 42 | 1,75 | 9 | 5,1 | <u>4,9</u> 4 – 6,2 |
| 22 | 2,75 | 4 | 1,5 | <u>5,9</u> 2,6 – 13,5 |
| 37 | 3,5 | 13 + 2 жука | 4,3 | <u>4,2</u> 2,2 – 6 |
| 36 | 4,5 | 4 | 0,9 | <u>7,9</u> 4,8 – 18,3 |
| | <u>1,2</u> 1,75 – 4,5 | <u>8,70</u> 4 – 15 | <u>3,3</u> 0,9 – 6,3 | <u>5,1</u> 2,2 – 18,3 |

Т а б л и ц а 4

Данные учета короеда типографа на 6 модельных деревьях, август 2011 г.

| Плотность жуков родительского поколения, шт./ 1 дм ² | Продукция, плотность жуков молодого поколения, шт./ 1 дм ² | Энергия размножения |
|---|---|-------------------------|
| 2,75 | 15 | 6,3 |
| 3,0 | 5 | 1,7 |
| 1,75 | 9 | 5,1 |
| 2,75 | 4 | 1,5 |
| 3,5 | 13 + 2 жука | 4,3 |
| 4,5 | 4 | 0,9 |
| <u>3,0</u> 1,75 – 4,5 | <u>8,70</u> 4 – 15 | <u>3,3</u> 0,9 – 6,3 |

множения типографа следуют после засух, штормовых ветров или повреждения хвои ели шелкопрядом монашенкой. Известна взаимосвязь вспышек типографа с периодами солнечной активности, которые сопровождаются засушливыми летними периодами и морозными зимами. Заселенные типографом деревья ели погибают в течение нескольких недель, а его вспышки массового размножения и огромный ущерб от них в еловых лесах России и во многих других европейских странах наблюдались и многократно описаны, начиная с девятнадцатого века и до наших дней [1, 2, 4 и др.].

Последняя вспышка массового размножения типографа проходила в ельниках Московской и ряда соседних областей в 2000 – 2004 гг. В ельниках зеленого пояса Москвы были выявлены очаги типографа на площади,

превышающей 500 га, а в лесах Московской области их площадь достигала 6000 га. Эта вспышка массового размножения типографа приобрела черты стихийного бедствия. Особенно пострадали от типографа старые насаждения ели, ельники в очагах корневой губки и ельники, расположенные в зоне рекреации и активного дачного строительства [5, 6, 7, 8, 9, 10].

В табл. 3 приводятся данные учета типографа на 6 модельных деревьях, по которым можно судить об основных популяционных показателях в очаге в августе 2011 г.

Обобщенные популяционные показатели типографа в его очаге, по данным модельных деревьев, приведены в табл. 4.

Значения плотности жуков родительского поколения в очаге колебались от 1,7–4,5, шт./1 дм². При таком диапазоне плотнос-

Критерии оценки популяционных показателей короёда типографа по А.Д. Маслову (2006)

| Показатели | Критерии | | |
|--|--------------|-----------|--------------|
| | Низкая | средняя | высокая |
| Плотность родительского поколения маточных ходов брачных камер | 2.5 и менее | 2.6 – 6.0 | 6.1 и более |
| | 1.0 и менее | 1.1 – 3.0 | 3.1 и более |
| Продукция молодого поколения | 10.0 и менее | 10.1 – 15 | 15.1 и более |
| Энергия размножения | 1.0 | 1.1 – 3.0 | 3.1 и более |

Оценка значений популяционных показателей типографа в очаге в 2011 г. по критериям А.Д. Маслова

| Показатели | Значения показателей в 2011 г. в ПТБГЗ | Оценка показателей по А.Д. Маслову |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| Плотность родительского поколения | 3,0 | средняя |
| | 1,75 – 4,5 | |
| Продукция молодого поколения | 8,70 | низкая |
| | 4 – 15 | |
| Энергия размножения | 3,3 | высокая |
| | 0,9 – 6,3 | |

ти энергия размножения типографа в 2011 г. изменялась от 0,9 до 6,3 и в 5 случаях из шести была выше единицы.

При плотности жуков родительского поколения (сумме маточных ходов и брачных камер) на моделях 4,5, 3,5, 3,0, 2,75, 2,75, 1,75 и в среднем – 3,0, энергия размножения короёда была равной 0,9, 4,3, 1,7, 1,5, 6,3, 5,1.

Рассматривая эти данные, можно заметить слабую связь между плотностью жуков родительского поколения и энергией размножения типографа, она повышалась при относительно низкой плотности его поселения.

Полученные на модельных деревьях данные целесообразно сравнить с критериями значимости популяционных показателей короёда типографа, приведенных в «Методических рекомендациях по надзору и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов» А.Д. Маслова [3].

Средний размер маточных ходов в очаге типографа составил 51 см, то есть относился к категории средних.

В табл. 6 приводятся результаты оценки значений определенных популяционных показателей типографа в очаге в 2011 г. и их сравнения с оценочными критериями А.Д.

Маслова, которые позволяют судить об особенностях развития очага типографа в кв. 24 ПТБГЗ.

Как можно видеть из данных табл. 6, энергия размножения типографа весной 2011г. была высокой, что позволяет отнести очаг к категории действующего.

Заключение

Основываясь на данных ФГУ «Рослесозащиты» и собственных наблюдениях, можно утверждать, что наблюдаемое явление массового усыхания ели в настоящее время характерно для еловых лесов Московской и некоторых других областей Центральной России. Наблюдаемый в заповеднике процесс характерен для многих, чаще всего приспевающих и спелых ельников региона. Он относится к числу циклических процессов, периодически наблюдающихся в ельниках Восточной Европы в зоне хвойно-широколиственных или смешанных лесов, частично захватывая иногда и подзону южной тайги.

Периодичность, продолжительность и территориальное распространение очагов размножения короёда и усыхания ели более всего определяются периодичностью, продолжительностью и территориальным

распространением засух, которые являются обычным природным явлением в те или иные периоды времени. Из этого можно заключить, что усыхание ели от короеда типографа – естественный природный процесс, результатом которого является смена поколений ели.

Продолжительность вспышки массового размножения короеда типографа чаще всего составляет 4–5 лет, но при повторных засухах эти вспышки могут быть затяжными и продолжаться 9 и даже 12 лет. Затухание вспышки более всего определяется истощением кормовой базы короеда и наступлением холодной и влажной погоды, неблагоприятной для его развития.

Дальнейшую динамику очагов размножения короеда типографа будут определять погодные условия в мае–июне последующего года при развитии первого и сестринского поколений типографа и в июле–августе – второго поколения. При этом следует ожидать расширения площадей усыхания ели и появления новых очагов в насаждениях, где ранее они не наблюдались.

Для насаждений с преобладанием старовозрастных деревьев ели этот процесс следует расценивать как закономерную смену поколений, когда погибшие деревья заменяются подростом ели и других лесообразующих пород.

При возвращении погодной ситуации к средним многолетним значениям и сокращении кормовой базы следует ожидать прекращения усыхания старовозрастных ельников и затухания очагов короеда типографа под влиянием естественных факторов.

Учитывая, что очаг усыхания ели в ПТБГЗ находится в границах постоянной пробной площади, заложенной для ведения долговременных стационарных комплексных экологических исследований, ведущихся с 1984 г., активные лесозащитные мероприятия в этом участке не целесообразны.

Для предотвращения возникновения лесных пожаров рекомендуется усилить противопожарный надзор. Рекомендуются мероприятиями являются мониторинг за состо-

янием еловых лесов и наблюдения за ходом естественного возобновления ели и сопутствующих ей пород в участках с нарушенной устойчивостью.

Библиографический список

1. Маслов, А.Д. Хроника и основные закономерности массовых размножений короеда типографа / А.Д. Маслов, Л.С. Матусевич // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2003. – № 2(27). – С. 47–54.
2. Маслов, А.Д. Новая волна массового размножения короеда типографа в ельниках Восточной Европы / А.Д. Маслов // Лесное хоз-во. – 2003. – № 1. – С. 30–31.
3. Маслов, А.Д. Методические рекомендации по надзору и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов / А.Д. Маслов. – Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2006. – 107 с.
4. Маслов, А.Д. Короед типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – Пушкино ВНИИЛМ, 2010. – 130 с.
5. Мозолевская, Е.Г. Внимание! Типограф! Живой лес / Е.Г. Мозолевская. – 2011. – Вып. 2. – С. 24–26.
6. Мозолевская, Е.Г. Короед типограф в лесах Национального парка «Лосиный остров» / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин, А.Н. Щербаков и др. // Экологический вестник Московского региона. – 2001. – № 2. – С. 76–83.
7. Мозолевская, Е.Г. Очаги короеда типографа в ельниках Национального парка «Лосиный остров» / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин, А.Н. Щербаков и др. // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: научн. труды МГУЛ. – 2001. – Вып. 307(1). – С. 9–19.
8. Мозолевская, Е.Г. Факторы, обусловившие массовое размножение короеда типографа в Подмоскovie. Комплексные меры защиты ельников Европейской части России по подавлению вспышки массового размножения короеда типографа. / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин // Рослесозащита, МГУЛ, Вост. Палеаркт. Секция МОББ. – Пушкино, 2001. – С. 36–47.
9. Мозолевская, Е.Г. Особенности развития вспышки массового размножения короеда типографа в ближнем Подмоскovie / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин // Лесн. хоз-во. – 2003. – № 1. – С. 31–33.
10. Mozolevskaja E.G., Lipatkin V.A., Kobel'kov M.E. Outbreak of Ips typographus mass propagation Disturbance Dynamics in boreal Forests. Abstracts of the V Internationale Conference. International Association Vegetation Science. Institute of Forest Science RAS, Lomonosov Moscow State University. Moscow. 2004. – С. 51.

ЛЕСОСЕМЕННАЯ БАЗА ДЛЯ ИНТРОДУКЦИОННЫХ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО

В.А. БРЫНЦЕВ, *проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
 И.И. ДРОЗДОВ, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
 О.Ю. ХРАМОВА, *доц. каф. лесных культур, НГСХА, канд. с.-х. наук,*
 М.И. ХРАМОВА, *асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ*

bryntsev@mail.ru

Расширение культивирования кедра сибирского в европейской части России ставит задачу создания постоянной лесосеменной баз этой породы для интродукционных целей [2].

Организация лесосеменной базы при интродукции древесных пород для целей лесовыращивания имеет два этапа. Первый связан с получением семян из естественного ареала, с проверкой климатипов в географических культурах, лесосеменным районированием и использованием улучшенных семян из соответствующих лесосеменных районов. Второй этап – создание интродукционной семенной базы. Первоначально на практике это можно осуществить путем формирования ПЛСУ, изреживанием уже имеющихся и вновь создаваемых культур кедра сибирского. В дальнейшем ПЛСУ будет хорошим объектом для индивидуального отбора, вегетативного размножения и основой для создания лесосеменных плантаций [1].

В географических культурах в 1989 г. еще при МЛТИ проводились испытания 48 происхождений кедра сибирского (10,3 тыс. шт. саженцев) из 14 лесосеменных районов вида (в том числе 10 районов оптимума вида, его наиболее ценного генофонда). Уже в 5-летнем возрасте наблюдались различия между быстро- и медленнорастущими происхождениями (достоверные на 5 % уровне). Лучшие происхождения отличались наибольшей интенсивностью сезонного прироста, особенно в период максимума роста, и более поздними сроками окончания вторичного прироста. Значительных различий между вариантами в прохождении основных фенологических фаз не наблюдалось. В наших культурах лучший рост имели происхождения из лесосеменных подрайонов 21а, 18а, 16а (Лесосеменное районирование, 1982) [3]

и подрайона 8в, перспективного в качестве поставщика семян [1,2].

В ряде случаев наблюдались значительные отличия между происхождениями внутри подрайонов. До выяснения популяционной структуры подрайонов эта изменчивость может учитываться на практике путем использования объектов постоянной семенной базы этих подрайонов, проверенных по росту потомств в регионе интродукции [1].

Исследования более 100 га лесных культур кедра в зоне хвойно-широколиственных лесов показали, что интродукционная семенная база кедра сибирского может создаваться в виде ПЛСУ, заложенных специально или сформированных из существующих интродукционных культур 10 – 50-летнего возраста [1–5].

Примерами участков кедровых насаждений, вступивших в репродуктивную фазу, могут служить исследованные нами интродукционные насаждения кедра сибирского в Московской и Нижегородской областях.

Первый участок находится в Ветлужском районе Нижегородской области, в Нагорном участковом лесничестве, представлен двумя вариантами насаждений: первый – на территории бывшего кордона лесника, второй – в квартале 2, выдел 14. Насаждения представляют собой небольшую группу из сохранившихся 7 деревьев, возрастом 50 лет, произрастающие на площади 0,02 га. Тип условий местопроизрастания: С₃. Местное население использует сохранившиеся кедры для заготовки орехов. Во время обследования были обнаружены и шишки на 5 деревьях в основном в верхней труднодоступной части кроны, многие из них повреждены птицами.

Второй вариант насаждений был обнаружен в бывшей усадьбе Ф.А. Флоренс-

Таксационные показатели насаждений кедра сибирского репродукционного возраста

| Возраст, лет | Площадь, га | Кол-во деревьев, шт. | Таксационные показатели | | | | | |
|--|-------------|----------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
| | | | Высота, м | | Диаметр, см | | Диаметр кроны, м | |
| | | | <i>M±m</i> | <i>V, %</i> | <i>M±m</i> | <i>V, %</i> | <i>M±m</i> | <i>V, %</i> |
| 1. Нагорное участковое лесничество Нижегородской области | | | | | | | | |
| 50 | 0,02 | 7 | 9,9±0,7 | 4,1 | 27,8±1,06 | 9,32 | 5,2±0,5 | |
| 120 | 1,2 | 66 | 25,3±0,37 | 8,3 | 46,2±1,75 | 21,4 | – | – |
| 2. г. Нижний Новгород | | | | | | | | |
| 17-35 | 0,75 | 49 | 7,8±0,17 | 12,3 | 22,3±0,10 | 25,1 | 5,5±0,19 | 21,6 |
| 3. Дровнинское участковое лесничество Московской области | | | | | | | | |
| 26 | 0,8 | 152 | 7,2±0,14 | 13 | 20,1± | 19 | 3,6±0,49 | 15 |
| 16 | 4,8 | 890 | 3,5±0,10 | 20 | 6,3± | 34 | 2,2±0,21 | 32 |



Рисунок. Дерево кедра сибирского в г. Нижнем Новгороде (возраст 35 лет)

кого, заложенные им еще в 19 веке; с 1994 г. культуры считаются памятником природы, они представлены 66 деревьями в возрасте около 120 лет. Тип условий местопроизрастания: С₂. Размещение посадочных мест 4 × 5 м. На момент обследования шишек обнаружено не было, однако имеются сведения о том, что местное население использует это насаждение для заготовки орехов [5].

Вторым участком обследования являлись декоративные посадки сосны кедровой сибирской, произрастающие в центре Автозаводского района в г. Нижнем Новгороде, в сквере на Дворцовой площади ДК ОАО «Газ». Площадь насаждения 0,75 га. Расстояние между деревьями 4,0–5,0 м. Всего на данной площади произрастает 49 деревьев сосны кедровой сибирской. Большинство из них находится в хорошем состоянии, имеет мощную крону, яркозеленую хвою. Возраст культур на момент обследования от 17

до 35 лет. Из 49 деревьев 33 уже плодоносят. Пример хорошо развитого 35-летнего дерева кедра сибирского на рисунке.

Участок 3 расположен в квартале 14 Дровнинского участкового лесничества Московской области площадью 4,5 га рекультивируемого карьера после добычи щебня. Тип условий местопроизрастания – В₃. Представлен двумя вариантами возраста № 4 – 26 лет, № 5 – 16 лет. Размещение посадочных мест 6×8 м вполне приемлемо для постоянного лесосеменного участка (ПЛСУ). На деревьях кедра шишек не обнаружено [2].

Результаты таксационного обследования насаждений представлены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют о хорошем росте интродукционных популяций кедра сибирского, вполне адаптированных к новым климатическим условиям зоны смешанных лесов.

На основании опытных данных разработаны придержки оптимальной густоты ПЛСУ в разном возрасте. Периодичность и интенсивность разреживания определяются приростом кроны кедра по диаметру. На протяжении всей жизни в насаждении поддерживается густота, исключая конкуренцию между деревьями и связанные с ней нежелательные модификации.

До начала плодоношения за критерий отбора принимается диаметр ствола, тесно коррелирующий с другими морфологическими признаками, а также густота и охвоенность кроны. К возрасту 20–30 лет, при свободном росте, в интродукционных культурах плодоносят 70–80 % деревьев, что дает возможность отбора на раннее начало плодоношения. С началом плодоношения кедра наиболее изменчивым и перспективным для отбора является такой признак, как количество шишек на дереве [1].

Изучение половых типов показало, что деревья с женской сексуализацией (13 %) превышают другие половые формы по количеству шишек в 2 и более раз. На втором месте по количеству шишек стоят деревья (13 %) с большим числом генеративных органов обоего пола. Деревья с мужской сексуализа-

цией (7 %) отличаются малым количеством шишек и низкой полнозернистостью семян вследствие самоопыления. При изреживании в насаждении отмечают и оставляют деревья с женской сексуализацией и деревья с обильным смешанным цветением, которые отличаются обильным плодоношением, а также деревья с мужской сексуализацией для обеспечения в насаждении перекрестного опыления.

После формирования ПЛСУ должен пройти аттестацию и селекционную инвентаризацию. Насаждения, не прошедшие их, используются для получения пищевого ореха. Поскольку семена кедра сибирского наряду с репродуктивными функциями имеют ценное пищевое значение, рекомендации по созданию ПЛСУ могут использоваться и при формировании орехопромысловых насаждений.

Факт успешного роста и семеношения кедра сибирского в условиях интродукции свидетельствует о возможности смены поколения интродуцента и более основательной акклиматизации новых популяций ценного вида.

Библиографический список

1. Брынцев, В.А. Лесное семеноводство: учеб. пособие – 2-е изд., перераб. / В.А. Брынцев, А.А. Коженкова. – М.: МГУЛ, 2006. – 110 с.
2. 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.
3. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 368 с.
4. Храмова, О.Ю. Репродуктивная способность и перспективы хозяйственного использования сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) при интродукции в Поволжье (на примере Нижегородской области): дис. ... канд. с.-х. наук / О.Ю. Храмова – М.: МГУЛ, 2009. – 164 с.
5. Храмова, О.Ю. Результаты обследования культур сосны кедровой сибирской в Ветлужском районе Нижегородской области / О.Ю. Храмова, Е.А. Смирнова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Брянск: БГИТА, 2007. – Вып. 17. – С. 90–91.

ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО РЕЖИМА ХВОИ ЕЛИ В ЧЕРНИЧНОМ ТИПЕ ЛЕСА

Н.В. ОВСЯННИКОВА, *асп. каф. экологии и защиты леса САФУ им. М.В. Ломоносова,*
П.А. ФЕКЛИСТОВ, *проф. каф. экологии и защиты леса САФУ им. М.В. Ломоносова,*
д-р с.-х. наук,

Н.В. ВОЛКОВА, *магистрант каф. экологии и защиты леса САФУ им. М.В. Ломоносова,*
Б.А. МОЧАЛОВ, *проф. каф. лесоводства и почвоведения САФУ им. М.В. Ломоносова,*
д-р с.-х. наук,

В.И. МЕЛЕХОВ, *проф. каф. древесиноведения и тепловой обработки древесины САФУ*
им. М.В. Ломоносова, д-р техн. наук,

И.И. ДРОЗДОВ, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук*

aspirant.10@mail.ru; feklistov@narfu.ru; n.volkova@narfu.ru

Наличие воды в хвое является важным фактором для нормального фотосинтеза, дыхания и других физиологических процессов, интенсивность которых уменьшается с повышением водного дефицита [5]. Содержание воды и водный дефицит являются выразительными характеристиками водного режима. Систематическое изучение водного режима у хвойных пород в условиях Севера проводилось недостаточно [2, 3].

Исследования по изучению водного режима у ели проводились в течение трех летних месяцев (июнь, июль и август 2011 г.) в ельниках черничных с целью определения влажности и водного дефицита. В качестве объекта исследования была выбрана ель обыкновенная (*Picea abies* Karst.), потому что она имеет наиболее широкое распространение на территории Архангельской области. Леса из ели занимают до 60 % покрытой лесом площади.

В основу исследований положен метод временных пробных площадей. Подбор и закладка пробных площадей выполнялись с учетом требований ОСТ 56-69-83 и подробно описанных методик (Анучин, 2004). Всего было заложено 10 пробных площадей.

Для проведения измерений с каждого учетного дерева (15 на пробной площади) брали образцы хвои с боковых ветвей (ветвей, отходящих от ствола). Ветви отбирались высотным секатором таким образом, чтобы в образце оставалась хвоя текущего года и однолетняя хвоя. Хвоя является структурной единицей побега, жизнедеятельность кото-

рой во многом определяет продуктивность дерева. Размеры хвои различаются по годам и определяются экологическими факторами текущего года [6].

Для того чтобы оценить, как влияет жизненное состояние деревьев на показатели водного режима, все учетные деревья разделялись на категории состояния по сумме основных биоморфологических признаков: густота кроны, ее охвоенность, соответствие размеров и цвета хвои и прироста побегов, нормальное для данных видов и данного возраста деревьев, наличие или отсутствие отклонений в строении ствола, кроны, ветвей и побегов, суховершинность или наличие и доля сухих ветвей в кроне, целостность и состояние коры и луба (Санитарные правила..., 2005). Водный дефицит хвои рассчитывали по методу Штоккера [7]. Определялся реальный водный дефицит – разность между содержанием воды в искусственно донасыщенном состоянии и реальным содержанием воды в хвое.

Пробные площади закладывали в еловых древостоях (табл. 1). Тип леса ельник – черничный, IV класса бонитета. Все 10 пробных площадей располагаются в северной подзоне тайги. Возраст ельников – в пределах от 64 до 110 лет.

Влажность хвои текущего года на терминальном и боковом побегах почти одинакова, отличие составляет 1,8 %, что в пределах точности опыта. Влажность однолетней хвои на терминальном и боковом побегах также почти одинакова, отличие составляет 1,3 %,

Таксационная характеристика пробных площадей

| № пробной площади | Тип леса | Состав | Порода | Среднее значение | | Возраст, лет | Сумма площадей сечения, м³/га | Относительная полнота | Запас, м³/га | Класс бонитета |
|-------------------|------------------|--------|--------|------------------|------|--------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| | | | | D, см | H, м | | | | | |
| 1 | Ельник черничный | 7Е2С1Б | Е | 17,8 | 17,6 | 110 | 21,2 | 0,75 | 187 | IV |
| | | | С | 19,6 | 17,4 | – | 7,7 | 0,22 | – | |
| | | | Б | 14,5 | 14,1 | – | 2,1 | 0,08 | – | |
| 2 | Ельник черничный | 8Е1С1Б | Е | 19,5 | 19,2 | 110 | 18,8 | 0,80 | 235 | IV |
| | | | С | 20,1 | 18,3 | – | 1,7 | 0,07 | – | |
| | | | Б | 13,6 | 14,2 | – | 1,8 | 0,10 | – | |
| 3 | Ельник черничный | 10ЕедБ | Е | 12,9 | 17,3 | 102 | 24,8 | 0,88 | 220 | IV |
| | | | Б | 14,3 | 15,2 | – | 1,2 | 0,06 | – | |
| 4 | Ельник черничный | 10ЕедБ | Е | 13,1 | 17,7 | 91 | 23,9 | 0,92 | 230 | IV |
| | | | Б | 14,0 | 15,1 | – | 1,0 | 0,05 | – | |
| 5 | Ельник черничный | 10Е | Е | 12,4 | 13,8 | 64 | 24,8 | 0,86 | 162 | IV |
| 6 | Ельник черничный | 10Е | Е | 20,1 | 14,9 | 89 | 21,5 | 0,68 | 142 | IV |
| 7 | Ельник черничный | 10Е | Е | 19,7 | 15,8 | 103 | 25,8 | 0,83 | 190 | IV |
| 8 | Ельник черничный | 10Е | Е | 25,3 | 17,5 | 104 | 23,6 | 0,78 | 207 | IV |
| 9 | Ельник черничный | 10Е | Е | 24,4 | 17,7 | 95 | 22,8 | 0,71 | 193 | IV |
| 10 | Ельник черничный | 10Е | Е | 21,7 | 15,6 | 103 | 22,3 | 0,70 | 160 | IV |

что в пределах точности опыта. Следовательно, влажность хвои не зависит от расположения на побеге.

Водный дефицит хвои текущего года на терминальном и боковом побегах почти одинаков, отличие составляет приблизительно 1 %, что в пределах точности опыта. Водный дефицит однолетней хвои на терминальном и боковом побегах почти одинаков, отличие составляет примерно 1 %, также в пределах точности опыта. Следовательно, и водный дефицит хвои не зависит от ее расположения на побеге.

Влажность хвои ели оказалась достаточно стабильна на разных пробных площадях (табл. 2). Она зависит от возраста хвои и колеблется от 64 % до 67–68 % у хвои текущего года и от 50 до 52 % у однолетней хвои. Если разброс значений для хвои текущего года составляет 4 %, то для однолетней полностью сформировавшейся хвои всего лишь 2 %. Водный дефицит во всех без исключе-

ния случаях у однолетней хвои больше, чем у хвои текущего года. Различия составляют 3–4 %. В целом водный дефицит колебался от 13,2 до 14,1 % у хвои текущего года и от 17,0 до 17,6 % у однолетней хвои. Интересно, что такие стабильные показатели проявляются на разных пробных площадях, в разные сроки вегетационного периода и при различных погодных условиях, в частности температуры воздуха.

Среднее значение водного дефицита хвои текущего года и однолетней хвои с июня по август имеет небольшой тренд уменьшения (рис. 1), на 0,9 % и 0,7 % для хвои текущего года и однолетней соответственно. В среднем водный дефицит хвои текущего года – 14 %, однолетней – 17 %. Согласно К.С. Бобковой (1987), ель после полного закрытия устьиц выдерживает без ущерба для себя водный дефицит до 50 %, следовательно, данный водный дефицит далек от предельного.

Показатели водного режима хвой

| № пробной площади | Возраст хвой | Температура воздуха, °С | Среднее значение водного дефицита хвой, % | Среднее значение влажности хвой, % |
|-------------------|---------------|-------------------------|---|------------------------------------|
| Июнь | | | | |
| 1 | Текущего года | 18 | 13,6 | 67,5 |
| | Однолетняя | | 17,4 | 51,5 |
| 2 | Текущего года | 17 | 14,1 | 66,3 |
| | Однолетняя | | 17,5 | 50,8 |
| Начало июля | | | | |
| 3 | Текущего года | 12 | 14,0 | 66,7 |
| | Однолетняя | | 17,5 | 51,1 |
| 5 | Текущего года | 21 | 14,1 | 64,3 |
| | Однолетняя | | 17,6 | 50,2 |
| Середина июля | | | | |
| 6 | Текущего года | 24 | 13,9 | 66,9 |
| | Однолетняя | | 17,5 | 52,2 |
| 7 | Текущего года | 27 | 14,0 | 66,3 |
| | Однолетняя | | 17,0 | 51,7 |
| Конец июля | | | | |
| 8 | Текущего года | 31 | 13,8 | 66,7 |
| | Однолетняя | | 17,4 | 52,1 |
| 9 | Текущего года | 32 | 13,2 | 67,6 |
| | Однолетняя | | 17,2 | 52,3 |
| Август | | | | |
| 10 | Текущего года | 25 | 13,5 | 67,6 |
| | Однолетняя | | 17,1 | 52,7 |
| 4 | Текущего года | 20 | 13,7 | 67,0 |
| | Однолетняя | | 17,2 | 53,1 |

Влажность хвой на протяжении трех летних месяцев незначительно увеличивается от начала вегетационного периода к концу (рис. 2) на 1,8 % и 2 % для хвой текущего года и однолетней хвой соответственно. В среднем влажность хвой текущего года составляет 67 %, однолетней – 52 %. Более всего обводнена молодая хвоя, так как именно в ней более интенсивно протекают метаболические процессы [5]. Это согласуется с данными С.Н. Сенькиной (2002) о том, что по мере старения хвой обводненность ее снижается, что связано с уменьшением водопоглощающих и водоудерживающих свойств биокolloидов тканей растений и по мере старения хвой прослеживается сопряженность изменений в структурной организации ассимиляционного аппарата с ее функциональными особенностями [6].

Очевидно, что температура – важный фактор внешней среды. Влияние тем-

пературы на растение неразрывно связано с водным обменом. Возрастание температуры воздуха повышает испарение воды листьями, а снижение температуры среды корнеобитания снижает гидравлическую проводимость корней и приток воды в надземную часть. При этом возникает дефицит воды, который вызывает ответную реакцию растения. [9]. С увеличением температуры воздуха увеличивается водный дефицит [5, 7, 9].

Однако согласно нашим данным в условиях северной тайги водный дефицит уменьшается с увеличением температуры воздуха (рис. 3). Следует заметить, что это уменьшение составляет менее 1 %. Такое изменение водного дефицита не может быть случайным, подобная закономерность проявляется на всех 10 пробных площадях. Небольшое уменьшение водного дефицита с увеличением температуры воздуха, воз-

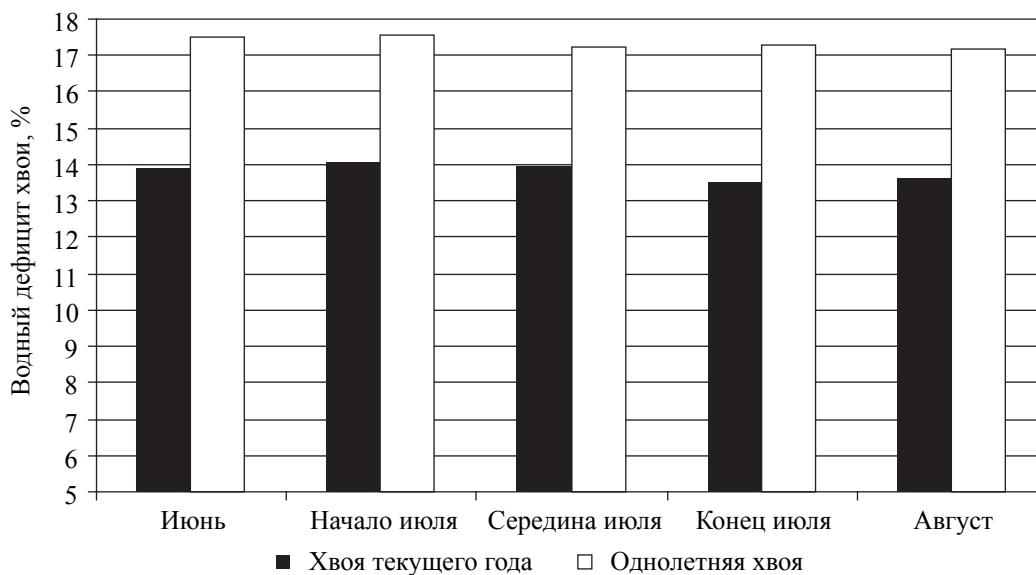


Рис. 1. Изменение среднего значения водного дефицита хвои текущего года и однолетней хвои за вегетационный сезон

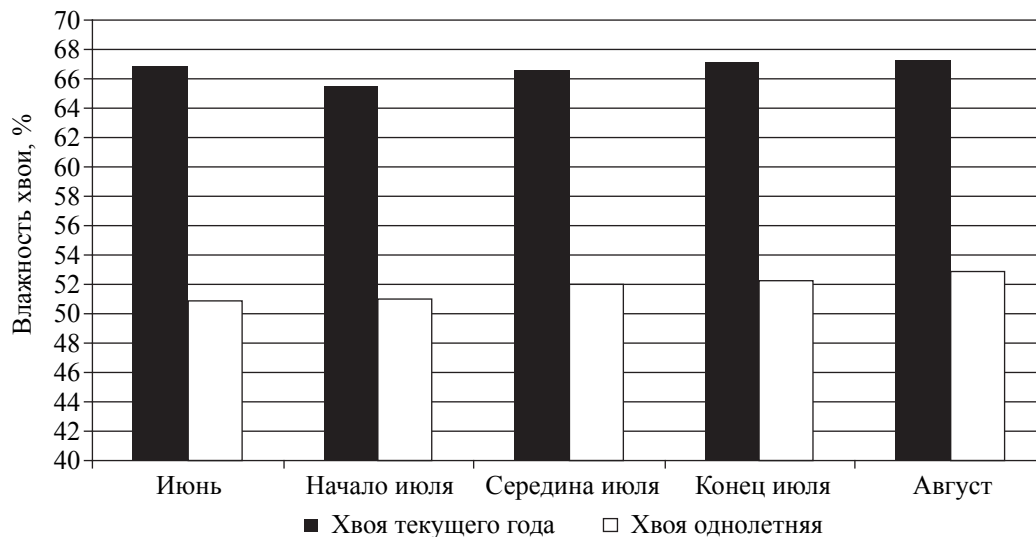


Рис. 2. Изменение среднего значения влажности хвои текущего года и однолетней хвои за вегетационный сезон

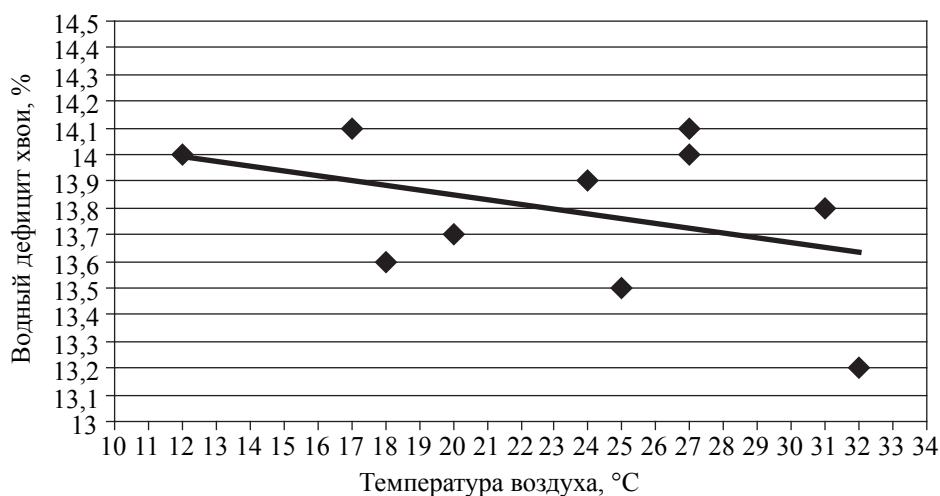


Рис. 3. Зависимость водного дефицита хвои текущего года от температуры воздуха

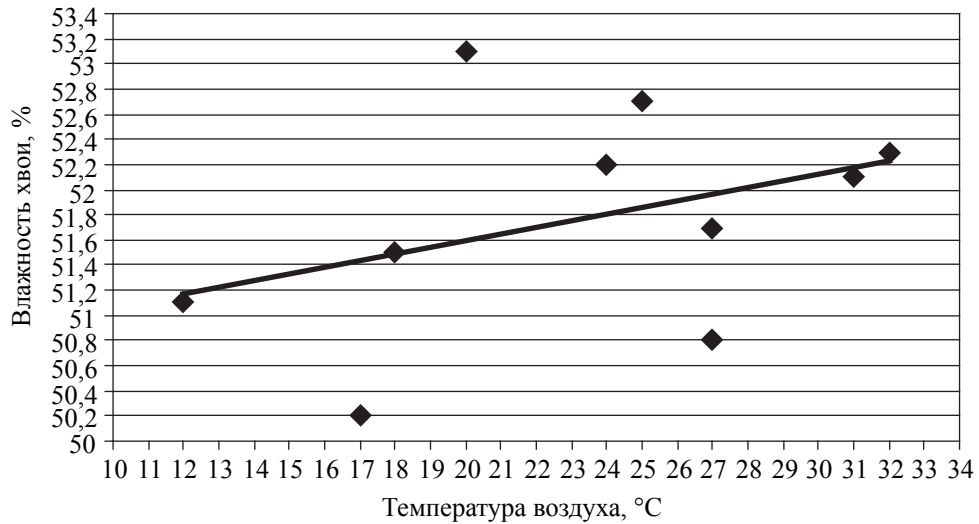


Рис. 4. Зависимость влажности однолетней хвои от температуры воздуха



Рис. 5. Влажность хвои у деревьев разного жизненного состояния

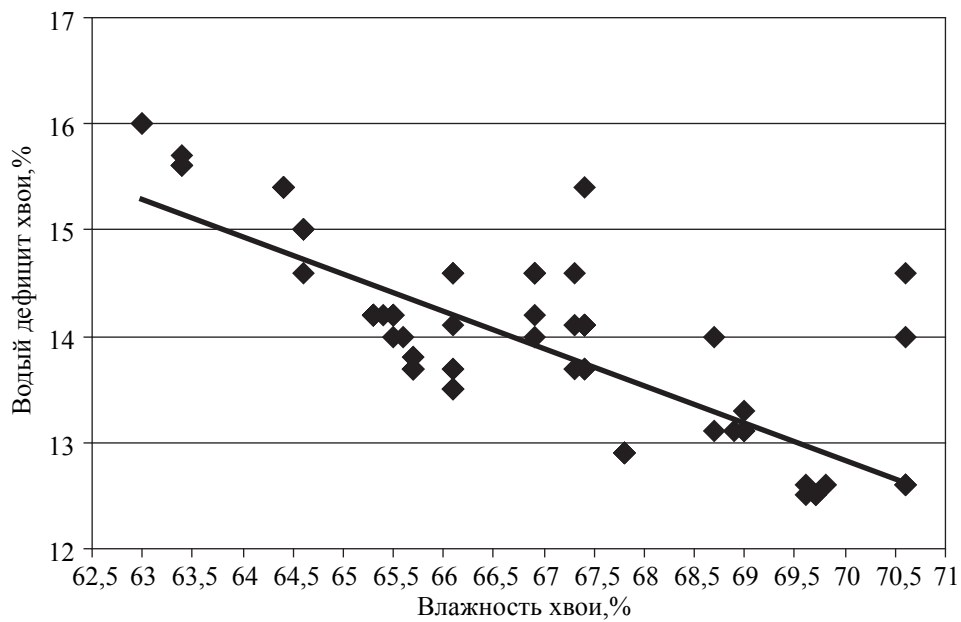


Рис. 6. Взаимосвязь влажности и водного дефицита хвои текущего года у деревьев со слабой степенью ослабления

можно, связано с хорошей влагообеспеченностью почвы, а повышение температуры воздуха усиливает транспирацию и соответственно приток воды в хвою, что снижает водный дефицит.

При исследовании зависимости общего содержания воды в хвое, как текущего года, так и однолетней, от температуры окружающего воздуха, выявлено увеличение влажности с увеличением температуры (рис. 4). Это как раз объясняет, почему уменьшался водный дефицит при повышении температуры.

Анализ состояния деревьев в изученных ельниках показал, что среди них преобладают деревья с незначительными признаками ослабления (58 %) и здоровые (26 %). Сильно ослабленных всего 16 %. Для выяснения того, как влияет разная степень ослабления на водный режим хвои, мы исследовали эти категории деревьев. Выяснилось, что влажность хвои самая высокая у здоровых деревьев. Это относится и к хвое текущего года и к однолетней (рис. 5). У здоровых деревьев влажность хвои текущего года составляет 70 %, а однолетней – 55 %. У сильно ослабленных она снижается на 5–6 %. Водный дефицит, наоборот, растет у сильно ослабленных деревьев по сравнению со здоровыми.

Между влажностью хвои и водным дефицитом выявлена высокая обратная линейная связь как для хвои текущего года, так и для однолетней. Коэффициент корреляции составляет для хвои текущего года $r = -0,88 \pm 0,1$ при $t = 8,8$; для однолетней – $r = -0,83 \pm 0,1$ при $t = 8,3$. Эта зависимость характерна для разных категорий деревьев по жизненному состоянию. Она однотипна с той лишь разницей, что влажность хвои текущего года заметно выше, чем однолетней (рис. 6).

Подводя итог, можно сделать выводы.

– Водный дефицит хвои текущего года меньше водного дефицита хвои однолетней. В среднем водный дефицит хвои текущего года составляет 14 %, однолетней – 17 %.

– В среднем влажность хвои текущего года составляет 67 %, однолетней – 52 %.

– На протяжении вегетационного периода наблюдается небольшой тренд по уменьшению водного дефицита и, наоборот, по увеличению влажности хвои. Наибольший водный дефицит наблюдается в июне–начале июля, а влажность – в конце вегетационного сезона.

– Между влажностью и водным дефицитом хвои ели выявлена высокая обратная линейная связь.

– Влажность хвои наибольшая у здоровых деревьев, 70 и 55 % для хвои текущего года и однолетней. Показатели водного дефицита наименьшие у этой же группы деревьев – 13% и 17 % соответственно. Показатели влажности хвои могут быть использованы для объективной оценки состояния деревьев в зонах усыхания ельников.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация: учебник для вузов. – 6-е изд. / Н.П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.
2. Дадыкин, В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах / В.П. Дадыкин. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 280 с.
3. Веретенников, А.В. Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве / А.В. Веретенников. – М.: Наука, 1968. – 136 с.
4. Бобкова, К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского северо-востока / К.С. Бобкова. – Л.: Наука, 1987. – 156 с.
5. Крамер, Пол.Д. Физиология древесных растений, пер. с англ. / Пол.Д. Крамер, Теодор.Т. Козловский. – М., 1963. – 464 с.
6. Ладанова, Н.В. Структурная организация и фотосинтетическая активность хвои ели сибирской / Н.В. Ладанова, В.В. Тужилкина. – Сыктывкар, 1992. – 100 с.
7. Лир, Ч. Физиология древесных растений / Ч. Лир, Г. Польстер, Г. Фидлер. – М., 1974. – 421 с.
8. Сенькина, С.Н. Влага в продукционном процессе растений / С.Н. Сенькина // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН – 2002. – № 11 – С. 2–5.
9. Фархутдинов, Р.Г. Температурный фактор в гармонической регуляции водного обмена растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Р.Г. Фархутдинов. – Уфа., 2005. – 46 с.

ВИДОВОЙ СОСТАВ, РЕСУРСЫ И ОСВОЕНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.А. НЕЧАЕВ, с. н. с. ФГУ «Дальневосточный НИИ лесного хозяйства», канд. биол. наук

dvniilh@gmail.com

Под ягодными (плодово-ягодными) растениями понимаются дикорастущие пищевые растения, имеющие в период спелости мягкие, сочные, съедобные для человека плоды, служащие объектом заготовки и потребления.

По нашим последним данным, список дикорастущих съедобных ягодных растений российского Дальнего Востока (РДВ) насчитывает 160 видов из 44 родов и 21 семейства. Из них собственно дикорастущие (аборигенные на РДВ) – 143 вида (89,4 %) и адвентивные (натурализовавшиеся на РДВ) – 17 (0,6 %); безусловно съедобные – 125 видов (78,1 %) и условно съедобные – 35 (21,9 %). Все эти виды представлены различными жизненными формами (биоморфами) – деревьями, кустарниками, полукустарниками, кустарничками, полукустарничками, лианами и травами. Они широко распространены на РДВ: от зоны хвойно-широколиственных лесов на юге до зоны лесотундры и тундры на севере, от континентальных районов на западе до океанических на востоке, от лесного пояса до гольцового в горных системах.

Виды дикорастущих съедобных ягодных растений РДВ охватывают весьма значительный таксономический диапазон. Количество видов в систематических категориях высшего ранга представлено следующим образом: отдел Голосеменные, класс Хвойные – 6 видов (3,7 %); отдел Покрытосеменные – 154 вида (96,3 %), из них класс Двудольные – 150 видов (93,8 %), класс Однодольные – 4 вида (2,5 %). Наиболее богаты по видовому составу семейства: розовые (68 видов), крыжовниковые (22), вересковые (14), шикшевые, бузиновые (по 6), кипарисовые, аралиевые, калиновые (по 5), актинидиевые, кизилловые, жимолостевые, пасленовые (по 4), спаржевые (3), тутовые, виноградовые (по 2), остальные 6 семейств (тисовые, лимонниковые, барбарисовые, тыквенные, лоховые, триллиумовые) по 1 виду. Наиболее богаты

по видовому составу роды: смородина (20 видов), рубус (16), вакциниум, шиповник (по 11), шикша, боярышник, земляника, рябина, бузина (по 6), можжевельник, калина (по 5), актинидия, яблоня, черемуха, жимолость (по 4), дерен, аралия, физалис, спаржа (по 3), шелковица, клюква, крыжовник, абрикос, вишня, кизильник, вишенка, слива, виноград (по 2), остальные 16 родов (тис, лимонник, барбарис, толокнянка, гладианта, ирга, мелкоплодник, принсеция, груша, рябинокизильник, облепиха, свидина, акантопанакс, элеутерококк, паслен, триллиум) по 1 виду.

Весьма разнообразны плоды дикорастущих съедобных ягодных растений РДВ (табл. 1). Как известно, плод покрытосеменных растений – это видоизмененный вследствие оплодотворения гинецей (совокупность плодолистиков в цветке) с прирастающими или сохраняющимися при гинецее другими частями цветка и соцветия [1], в связи с чем определяющим морфологическим признаком плода является тип гинецея, из которого он развивается.

Гинецей из свободных, т.е. не сросшихся между собой плодолистиков называют апокарпным. Число плодолистиков апокарпного гинецея может варьировать от одного до многих. Вследствие срастания (в той или иной мере) плодолистиков друг с другом возникает ценокарпный гинецей. Число плодолистиков ценокарпного гинецея может быть от двух до нескольких. По характеру преобразования гинецея определяются, соответственно, и два класса плодов ягодных растений – апокарпные и ценокарпные.

Как видно из табл. 1, апокарпные плоды имеют 48 видов (30,0 %), ценокарпные – 106 видов (66,3 %). Среди апокарпных плодов преобладают следующие типы: многоорешек – 17 видов (10,6 %), многокостянка – 16 видов (10,0 %) и однокостянка сочная – 13 видов (8,2 %). Все эти виды – представители семейства розовых. Среди ценокарпных пло-

Классификация плодов дикорастущих съедобных ягодных растений РДВ

| Группа плодов | Тип, подтип плодов | Род | Количество видов в | | |
|-----------------------|---|---|--------------------|------|--------|
| | | | роде | типе | |
| | | абс. | | % | |
| Отдел Голосеменные | | | | | |
| Л | Шишка ягодообразная (шишкоягода) | Можжевельник | 5 | 6 | 3,7 |
| | | Тис | 1 | | |
| Итого | | 2 | 6 | 6 | 3,7 |
| Отдел Покрытосеменные | | | | | |
| Апокарпные плоды | | | | | |
| Л | Многолистовка сочная | Лимонник | 1 | 1 | 0,6 |
| Л | Многоорешек:земляничина шиповник (цинародий) | Земляника | 6 | 17 | 10,6 |
| | | Шиповник | 11 | | |
| Л | Одноорешек в гипантии | Облепиха | 1 | 1 | 0,6 |
| К | Многокостянка:полимерная олигомерная | Рубус (княженика, малина, морошка) | 13 | 16 | 10,0 |
| | | Рубус (костяника) | 3 | | |
| К | Однокостянка сочная | Абрикос | 2 | 13 | 8,2 |
| | | Вишенка | 2 | | |
| | | Вишня | 2 | | |
| | | Принсепия | 1 | | |
| | | Слива | 2 | | |
| Итого | | 11 | 48 | 48 | 30,0 |
| Ценокарпные плоды | | | | | |
| И | Ягода: верхняя | Актинидия | 4 | 52 | 3332,5 |
| | | Виноград | 2 | | |
| | | Паслен | 1 | | |
| | | Спаржа | 3 | | |
| | | Физалис | 3 | | |
| | нижняя | Вакциниум (брусника, голубика, красника, черника) | 11 | | |
| | | Жимолость | 4 | | |
| | | Клюква | 2 | | |
| | | Крыжовник | 2 | | |
| | | Смородина | 20 | | |
| К | Костянка многокосточковая: верхняя | Толокнянка | 1 | 18 | 11,3 |
| | | Шикша | 6 | | |
| | нижняя | Акантопанакс | 1 | | |
| | | Аралия | 3 | | |
| | | Бузина | 6 | | |
| | | Элеутерококк | 1 | | |
| К | Костянка однокосточковая: нижняя | Барбарис | 1 | 10 | 6,2 |
| | | Дерен | 3 | | |
| | | Калина | 5 | | |
| | | Свидина | 1 | | |
| К | Сложная костянка (соплодие) | Шелковица | 2 | 2 | 1,3 |
| Л | Яблоко:типичное | Груша | 1 | 22 | 13,8 |
| | | Ирга | 1 | | |
| | | Мелкоплодник | 1 | | |
| | | Рябина | 6 | | |
| | | Рябинокизильник | 1 | | |
| | | Яблоня | 4 | | |
| | костянкovidное | Боярышник | 6 | | |
| Кизильник | | 2 | | | |
| Л | Тыква типичная | Тладианта | 1 | 1 | 0,6 |

| Группа плодов | Тип, подтип плодов | Род | Количество видов в | | |
|---------------|-------------------------|----------|--------------------|------|-------|
| | | | роде | типе | |
| | | | | абс. | % |
| Л | Коробочка ягодообразная | Триллиум | 1 | 1 | 0,6 |
| | Итого | 31 | 106 | 106 | 66,3 |
| | Всего | 44 | 160 | 160 | 100,0 |

Примечание – Условные обозначения: И – истинные (настоящие) ягоды, Л – ложные ягоды, К – костянки. При составлении таблицы использована морфологическая классификация плодов Р.Е. Левиной [1]

дов доминируют: ягода – 52 вида (32,5 %), яблоко – 22 вида (13,8 %) и костянка многокосточковая – 18 видов (11,3 %). Преобладают представители семейств розовых, крыжовниковых и вересковых. Всего по типу гинецея выделены 12 типов плодов ягодных растений (см. табл. 1). Аналогичное плоду покрытосеменных растений образование голосеменных (роды можжевельник, тис) представлено одним типом – шишка ягодообразная или шишкоягода – 6 видов (3,7 %).

Согласно другой морфологической классификации плодов, ягодные растения представлены тремя группами (см. табл. 1): истинные (настоящие) ягоды – 52 вида (32,5 %), костянки – 59 видов (36,9 %) и ложные ягоды – 49 видов (30,6 %). В образовании плодов первой и второй групп принимает участие только гинецей. Околоплодник истинных (настоящих) ягод состоит из наружного тонкого слоя (экзокарпия), сочная ткань образуется из мезокарпия и эндокарпия. Околоплодник костянок состоит из наружного тонкого кожистого экзокарпия, сочной ткани мезокарпия и твердого, каменистого эндокарпия. В формировании плодов третьей группы, кроме гинецея, участвуют и другие части цветка (чашечка, ось цветка, цветоножка, цветоложе, гипантий, части соцветия и др.).

Жизненные формы ягодных растений представлены девятью основными типами: деревья – 27 видов (16,9 %), кустарники – 74 (46,2 %), лианы кустарниковые – 7 (4,4 %), кустарнички – 16 (10,0 %), полукустарники – 8 (5,0 %), полукустарнички – 7 (4,4 %), лианы травянистые многолетние – 1 (0,6 %), травы многолетние – 17 (10,6 %) и травы однодвулетние – 3 (1,9 %). Древесные растения (деревья, кустарники, лианы кустарниковые и кустарнички) представлены 124 видами

(77,5 %), полудревесные (полукустарники, полукустарнички) – 15 видами (9,4 %), травянистые (лианы травянистые многолетние, травы многолетние, травы однодвулетние) – 21 видом (13,1 %).

Количество видов ягодных растений, произрастающих на территориях восьми субъектов Российской Федерации (РФ), представлены следующим образом (табл. 2): Приморский край – 105 видов (65,6 %), Хабаровский край – 98 (61,2 %), Еврейская автономная область – 63 (39,4 %), Амурская область – 78 (48,8 %), Сахалинская область – 78 (48,8 %), Магаданская область – 30 (18,8 %), Камчатский край – 37 (23,1 %), Чукотский автономный округ – 22 (13,8 %). В южной части РДВ произрастают 152 вида (95,0 %) ягодных растений, из них 118 видов (94,4 %) – безусловно съедобные. В северной части РДВ произрастают соответственно 42 вида (26,2 %) и 37 (29,6 %). 52 вида (32,5 %) ягодных растений произрастают только в одном из субъектов РФ, наибольшее их количество сосредоточено на территориях Сахалинской области (27 видов) и Приморского края (13 видов). 71 вид (44,4 %) ягодных растений, с более широкими ареалами, произрастают в двух, трех и четырех субъектах; 29 видов (18,1 %) – в пяти, шести и семи. 8 видов (5,0 %) представлены широко во всех восьми субъектах РФ: можжевельник сибирский, клюква мелкоплодная, голубика топяная, брусника обыкновенная, смородина печальная, шиповник иглистый, княженика арктическая, малина Мацумуры (м. сахалинская).

Кроме особенностей видового состава и распространения на территории РДВ важнейшими характеристиками дикорастущих ягодных растений являются биологические запасы плодов и степень освоения их чело-

Количество видов дикорастущих съедобных ягодных растений РДВ, произрастающих на территории субъектов Российской Федерации

| Субъекты Российской Федерации | Количество видов | | | |
|-------------------------------|------------------|------|----------------------|------|
| | всего | | безусловно съедобных | |
| | абс. | % | абс. | % |
| Южная часть РДВ | | | | |
| Приморский край | 105 | 65,6 | 81 | 64,8 |
| Хабаровский край | 98 | 61,2 | 79 | 63,2 |
| Еврейская автономная область | 63 | 39,4 | 51 | 40,8 |
| Амурская область | 78 | 48,8 | 63 | 50,4 |
| Сахалинская область | 78 | 48,8 | 58 | 46,4 |
| Северная часть РДВ | | | | |
| Магаданская область | 30 | 18,8 | 26 | 20,8 |
| Камчатский край | 37 | 23,1 | 33 | 26,4 |
| Чукотский автономный округ | 22 | 13,8 | 20 | 16,0 |

Примечание – Вторая цифровая колонка – процент от общего количества видов, четвертая – процент от количества безусловно съедобных видов

Распределение количества видов дикорастущих съедобных ягодных растений РДВ по классам ресурса и группам освоения

| Класс ресурса | Группа освоения | | | | | Всего | | | | |
|---------------|-----------------|-----|-----|-----|------|-------|------|------|------|-----|
| | О1 | О2 | О3 | О4 | О5 | абс. | % | абс. | % | |
| P1 | 2 | 1 | – | – | – | 3 | 1,9 | 44 | 27,5 | |
| P2 | – | – | 1 | 12 | – | 13 | 8,1 | | | |
| P3 | – | 2 | 1 | 17 | 8 | 28 | 17,5 | | | |
| P4 | – | – | – | 11 | 7 | 18 | 11,3 | 116 | 72,5 | |
| P5 | – | – | – | 13 | 85 | 98 | 61,2 | | | |
| Всего | абс. | 2 | 3 | 2 | 53 | 100 | 160 | – | 160 | – |
| | % | 1,3 | 1,9 | 1,2 | 33,1 | 62,5 | – | 100 | – | 100 |
| | абс. | 7 | | | 153 | | 160 | – | – | – |
| | % | 4,4 | | | 95,6 | | – | 100 | – | – |

веком. Как видно из данных табл. 3, ресурс производственного значения (P1, P2, P3) имеют 44 вида (27,5 %). Из них ресурс высокого производственного значения (P1 – от 100 тыс. т и более) имеют 3 вида (1,9 %): брусника обыкновенная, голубика топяная и клюква болотная. Ресурс среднего производственного значения (P2 – от 50 до 100 тыс. т) имеют 13 видов (8,1 %): клюква мелкоплодная, голубика гаультериевидная (г. мелколистная), брусника малая, смородина печальная, боярышник даурский, б. Максимовича, б. перистонадрезанный, яблоня ягодная, черемуха обыкновенная, шиповник иглистый, малина Мацумуры, рябина бузинолистная, р. сибирская. Ресурс низкого производственного зна-

чения (P3 – от 10 до 50 тыс. т) имеют 28 видов (17,5 %): можжевельник даурский, м. сибирский, лимонник китайский, актинидия коломикта, черника пазушная, ч. обыкновенная, ч. Смолла, шикша сибирская, ш. узколепестная, смородина дикуша, с. бледноцветковая, с. лежачая, шиповник тупоушковый, ш. даурский, ш. морщинистый, княженика арктическая, морошка приземистая, рябина амурская, дерен канадский, д. шведский, свидина белая, аралия высокая, элеутерококк колючий, виноград амурский, жимолость съедобная, ж. камчатская, калина Саржента, бузина сибирская. Ресурс частного, промыслового значения (P4 – от 1 до 10 тыс. т) имеют 18 видов (11,3 %): красника выдающаяся, шикша

почти-голарктическая, смородина голенькая, с. маньчжурская, с. Пальчевского, с. малоцветковая, абрикос маньчжурский, земляника маньчжурская, з. восточная, черемуха Маака, груша уссурийская, шиповник корейский, ш. сихотэалинский, малина боярышничколистная, м. Комарова, рябина Шнейдера, акантопанакс сидячецветковый, калина бурейская. Ресурс индивидуального, ограниченного значения (Р5 – до 1 тыс. т) имеют 98 видов (61,2 %).

В зависимости от охвата сбором плодов дикорастущие ягодные растения подразделяются на пять групп освоения (табл. 3): освоенные производственными заготовками (О1, О2, О3) – 7 видов (4,4 %), широко освоенные населением (О4) – 53 вида (33,1 %), освоенные отдельными сборщиками (О5) – 100 видов (62,5 %). Виды, освоенные в настоящее время производственными (промышленными) заготовками (О1, О2, О3): брусника обыкновенная, голубика топяная, клюква болотная, к. мелкоплодная, лимонник китайский, черника пазушная, калина Саржента. Ранее, в дореформенные времена (до 1990-х годов), в этот перечень входили, помимо вышеуказанных видов, виноград амурский, рябина амурская, р. сибирская, шиповник иглистый, ш. тупоушковый, ш. даурский, ш. морщинистый, боярышник даурский, б. Максимовича,

б. перистонадрезанный, актинидия коломикта, черемуха обыкновенная и др. Населением для личных нужд и продажи на рынках заготавливается гораздо большее количество видов дикорастущих ягод, помимо вышеуказанных: жимолость съедобная, ж. камчатская, черника Смолла, красника выдающаяся и др.; только для личных нужд: смородина дикуша, с. бледноцветковая, с. лежачая, с. печальная, малина Мацумуры, земляника восточная, з. маньчжурская, морошка приземистая, шикша сибирская, рябина бузинолистная, абрикос маньчжурский, груша уссурийская, яблоня ягодная и др.

Таким образом, из всего видового разнообразия дикорастущих ягодных растений РДВ экономически освоенными в различной степени (О1, О2, О3, О4) следует считать 60 видов (табл. 3), представленных 22 наименованиями безусловно съедобных ягод: брусника, голубика, клюква, боярышник, малина, шиповник, яблоня, черника, смородина, рябина, черемуха, жимолость, калина, актинидия, лимонник, шикша, виноград, морошка, красника, груша, абрикос, земляника.

Библиографический список

1. Левина, Р.Е. Морфология и экология плодов / Р.Е. Левина. – Л.: Наука, 1987. – 160 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК НА РАЗВИТИЕ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Н.В. БЕЛЯЕВА, доц. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, канд. с.-х. наук,
А.В. ГРЯЗЬКИН, проф. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, д-р биол. наук,
И.А. КАЗИ, асп. кафедры лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова

galbel06@mail.ru; lesovod@bk.ru; irenakazi@mail.ru

Лесной фитоценоз является сложным объектом исследований системного порядка, который активно реагирует на воздействие извне. После проведенных рубок во всех ярусах фитоценоза происходят внутривидовые перестройки, направленные на поддержание целостности и устойчивости системы в целом.

Такая реакция обусловлена не только изменением экологических условий, но и

реакцией фитоценоза на возникшую угрозу потери ресурсов и нарушения стабильности биокруговорота. Поэтому реакция всех компонентов фитоценоза направлена на сохранение, возможно скорейшее освоение дополнительных ресурсов, вовлечение их в биокруговорот и восстановление прежнего уровня продуктивности системы [1–3].

Одним из важнейших компонентов леса является растительность нижних яру-

Характеристика объектов исследования на 2011 г.

| Номер объекта | Состав | Средние | | Класс бонитета | Тип леса / ТУМ | Относительная полнота | Запас, м ³ /га | Вид рубки |
|---------------|--|-----------|-------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------|
| | | высота, м | диаметр, см | | | | | |
| 1 | 7E ₄₀ 3B ₄₀ | 10 | 10 | III | Е.ЧС / В ₂ | 0,7 | 90 | РПР |
| 2 | 8E ₆₀ 1B ₅₀ 1Oc ₅₀ | 18 | 16 | II | Е.КС / С ₂ | 0,8 | 250 | РПР |
| 3 | I: 4C ₁₅₀ 2E ₁₅₀ 2B ₁₂₀ 2Oc ₁₂₀ II: 10E ₄₀ | 25 | 30 | III | С.ЧС / В ₂ | 0,6 | 260 | РПР |
| | | 8 | 6 | | | 0,6 | 60 | |
| 4 | I: 4C ₁₅₀ 2E ₁₅₀ 2B ₁₂₀ Oc ₁₂₀ II: 10E ₄₀ | 25 | 30 | III | С.ЧС / В ₂ | 0,6 | 260 | РПР |
| | | 8 | 6 | | | 0,6 | 60 | |
| 5 | 4C ₁₅₀ 3E ₁₃₀ 2Oc ₁₂₀ 1B ₁₂₀ | 26 | 30 | III | С.ЧС / А ₂ | 0,5 | 210 | РПР |
| 6 | 8E ₈₀ 2B ₈₀ | 19 | 18 | III | Е.ЧС / В ₂ | 0,4 | 130 | ДВР |
| 7 | 8E ₁₃₀ 2B ₁₂₀ +C ₁₃₀ | 22 | 24 | III | Е.ЧС / В ₂ | 0,6 | 220 | ДВР |

Примечание. Е.ЧС – ельник черничный свежий, Е.КС – ельник кисличный, С.ЧС – сосняк черничный свежий, ТУМ – тип условий местопроизрастания, РПР – равномерно-постепенная рубка, ДВР – добровольно-выборочная рубка, на объектах 3–5 равномерно-постепенная рубка не была завершена (был проведен только первый прием рубки).

сов (подрост, подлесок, живой напочвенный покров). Наблюдение за ходом естественного лесовозобновления под пологом древостоев, пройденных выборочными рубками, например, добровольно-выборочными и равномерно-постепенными, позволяет глубже понять роль подроста в восстановительных реакциях фитоценоза, сохранении его устойчивости и повышении продуктивности, интенсификации биокруговорота. Появляется возможность проследить изменения характера сукцессии. Все это позволяет получить информацию, необходимую для прогнозирования результатов выборочных рубок, включая заключительные этапы лесовыращивания. В результате расширяется база объективных данных, которые должны приниматься во внимание при корректировке режима лесопользования в сосновых и еловых древостоях кисличного и черничного типов леса.

Сравнительный анализ динамики структурных изменений и видового состава живого напочвенного покрова на участках леса, пройденных выборочными рубками, дает возможность выявить особенности восстановительных процессов, протекающих в

лесном фитоценозе после изреживания древостоя, а также установить закономерности в реакции лесной экосистемы на вышеназванные хозяйственные мероприятия, облегчая тем самым их регламентацию с учетом типа леса.

Методика исследований

Целью данной работы было изучение структурных изменений в нижних ярусах растительности в ельниках и сосняках кисличного и черничного типов леса под влиянием выборочных рубок.

Исследования проводились на постоянных пробных площадях, заложенных в Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской области сотрудниками кафедры лесоводства Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии имени С.М. Кирова в 1960–1970-х годах. Характеристика объектов исследования на 2011 г. представлена в табл. 1.

Учет подроста осуществлялся на круговых площадках по 10 м², закладываемых на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу [4, 5]. При изучении живого напочвенного покрова основное внимание

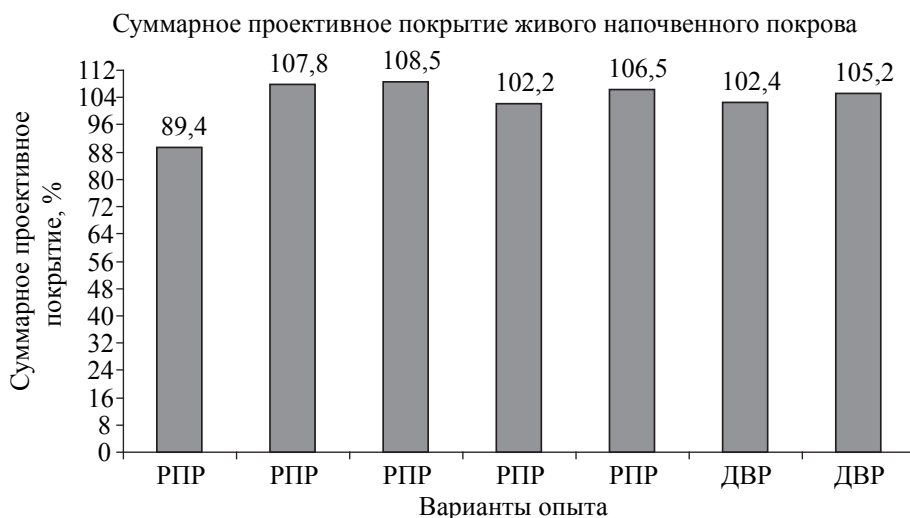


Рис. 1. Структурные изменения в живом напочвенном покрове после выборочных рубок

уделялось определению видовой разнообразия и проективного покрытия растительности. Применялась общепринятая методика учета растений на однометровых учетных площадках [6]. Учет был выполнен авторами работы.

Результаты исследований

Рассмотрим изменения, произошедшие в структуре живого напочвенного покрова после добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок (рис. 1).

Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что на всех опытных участках, независимо от варианта опыта, суммарное проективное покрытие живого напочвенного покрова превышает 100 %, что свидетельствует о наличии как травяно-кустарничкового, так и мохово-лишайникового ярусов.

После проведения выборочных рубок почти на всех участках (исключение составляет лишь пробная площадь 1) величина проективного покрытия приблизительно одинаковая и варьирует от 102,2 до 108,5 %. Вероятно, это можно объяснить тем, что проведение любых хозяйственных мероприятий в лесу (в данном случае – выборочные рубки) изменяет баланс между составляющими лесной экосистемы, что неизбежно приводит к выходу и компонентов, и лесной экосистемы в целом из состояния подвижного устойчивого равновесия [1–3].

Однако после проведения рубок леса обостряется способность нижних ярусов растительности связывать элементы питания и вовлекать их в систему малого биокруговорота, интенсифицируя тем самым восстановительные процессы, укрепляя структуру и повышая устойчивость фитоценозов. В результате происходит возврат лесной экосистемы к «норме», хотя уже на несколько ином уровне функционирования и с измененной структурой, что свидетельствует о возврате системы в состояние подвижного устойчивого равновесия.

На объекте 1 суммарное проективное покрытие составляет всего лишь 89,4 %, что, на наш взгляд, можно объяснить особенностями строения елового полога. Сомкнутость крон на указанном участке составляет 0,8, что, естественно, препятствует активному разрастанию живого напочвенного покрова.

Как видно из данных рис. 1, на всех опытных участках независимо от варианта опыта в первую очередь развиваются травы.

Известно, что именно рубки леса (в данном случае – добровольно-выборочные и равномерно-постепенные) вызывают изменение экологического режима. Снижая конкуренцию со стороны древостоя, рубка, как правило, способствует высвобождению части почвенных ресурсов и, следовательно, активному разрастанию живого напочвенного покрова и, в первую очередь, светолюбивых трав.



Рис. 2. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса

Однако следует отметить, что доля трав, появившихся после выборочных рубок, не превышает, как правило, 50 %. В нашем опыте эта величина варьирует от 39,8 до 52,7 %. Кроме того, активному разрастанию напочвенной растительности препятствует подрост ели, который создает травам значительную конкуренцию за свет, воду и элементы питания. Его численность достигает 3–4 тыс. экз./га.

Исключение составляет лишь объект 2, где доля травянистых растений составляет 72,1 % от общего суммарного проективного покрытия. Объясняется это явление тем, что на данной пробной площади зафиксирована наименьшая численность подроста ели (2333 экз./га) и ничто не препятствует развитию светолюбивой растительности нижних ярусов.

Аналогичная картина выявлена и при развитии кустарничков после выборочных рубок. Их доля на всех объектах, кроме участка 2, не превышает 25 % и варьирует от 13,4 до 25 %. На пробной площади 2 была зафиксирована наименьшая плотность кустарничков – 3,9 % от общего суммарного проективного покрытия живого напочвенного покрова, что также объясняется причинами, о которых уже говорилось выше.

Известно, что одним из наглядных показателей замедленного биокруговорота

является увеличение доли проективного покрытия мохового яруса в суммарном покрытии [1]. Как видно на рис. 2, на всех объектах выборочных рубок господствует травяно-кустарничковый ярус. Его доля варьирует от 59,5 до 70,5 %. Доля мохово-лишайникового яруса колеблется от 29,5 до 40,5 %.

Таким образом, добровольно-выборочные и равномерно-постепенные рубки в отличие от сплошных [2] не приводят к снижению интенсивности биологического круговорота и заболачиванию участков. На основании изложенного можно сделать вывод, что выборочные рубки являются более перспективными с экологической точки зрения по сравнению со сплошными.

В целом же выборочные рубки, если и не вызывают кардинального изменения в соотношении между травяно-кустарничковым и мохово-лишайниковым ярусом, то по крайней мере сдвигают это соотношение в пользу первого, что позволяет нам утверждать возможность повышения интенсивности биокруговорота при выборочных рубках.

Однако в связи с этим возникает закономерный вопрос, какие компоненты травяно-кустарничкового яруса в первую очередь влияют на ослабление позиций мохово-лишайникового. В связи с этим рассмотрим бо-

лее подробно структурные изменения, происходящие в травяно-кустарничковом ярусе на объектах выборочных рубок (рис. 2).

Из данных рис. 2 видно, что на участках выборочных рубок, независимо от варианта опыта, доля злаковых, осоковых и ситниковых растений не превышает 20 % и варьирует от 7,2 до 16,5 %, а величина разнотравья после колеблется от 27,8 до 55,6 %. Следует отметить, что биологической особенностью злаковых, осоковых и ситниковых растений является способность образовывать дернину, что может значительно ухудшить условия самовозобновления хвойных пород на вырубках. Поэтому незначительная доля данных видов в проективном покрытии по сравнению с разнотравьем не может оказывать отрицательного влияния на процесс естественного лесовозобновления. Это позволяет нам считать, что добровольно-выборочные и равномерно-постепенные рубки направлены, в первую очередь, на появление подраста хвойных пород, что является важнейшим лесоводственным требованием при выборе лесохозяйственных мероприятий.

Как показали наши исследования, на всех обследованных участках независимо от вида рубки наблюдается формирование богатой и разнообразной флоры. Наибольшее число видов растений в живом напочвенном покрове (40 видов) было зафиксировано на ПП 2 – в ельнике кисличном. Это можно объяснить следующими причинами.

Во-первых, на данной пробной площади была проведена завершенная двухприемная равномерно-постепенная рубка. После окончания рубки увеличилось количество света, поступающего к поверхности почвы. Нижним ярусам растительности стало доступно большее количество элементов питания. Все это способствовало активному разрастанию живого напочвенного покрова.

Во-вторых, пробная площадь 2 – это ельник кисличный, для которого характерно достаточно высокое плодородие почвы, а известно, чем богаче эдафические условия, тем больше потенциальное видовое разнообразие объектов, поскольку такие условия благопри-

ятны для большого количества видов растений.

Высказанное предположение подтверждают и исследования на опытных участках 1 и 6, где были проведены завершённые двухприемная равномерно-постепенная (ПП 1) и добровольно-выборочная рубки (ПП 6). Однако количество видов на указанных объектах оказалось соответственно 32 и 34, что на 8 и 6 видов меньше, чем на объекте 2. Это связано в первую очередь, на наш взгляд, с типом леса – ельником черничным свежим, эдафические условия которого беднее, чем ельника кисличного (ПП 2).

На объектах 3, 4, 6 и 7 было зафиксировано соответственно 18; 19; 19 и 23 вида растений в живом напочвенном покрове, что оказалось в среднем в 2–2,5 раза меньше, чем на пробных площадях 1, 2 и 6.

Равномерно-постепенные рубки на пробных площадях 3, 4 и 5 не были завершены: был проведен только один прием рубки. Повторяемость добровольно-выборочной рубки на ПП 7 также не соблюдалась. В результате изложенного на данных объектах, в отличие от пробных площадей 1, 2 и 6, не произошло заметного изменения экологической ситуации. По-видимому, это и послужило причиной того, что на указанных участках было отмечено меньшее количество видов в составе живого напочвенного покрова.

Кроме исследований структурных изменений в живом напочвенном покрове и его видового состава большое внимание было уделено распределению напочвенной растительности по экологическим группам под влиянием выборочных рубок (табл. 2).

Как показывает анализ данных, представленных в табл. 2, на объектах завершённых равномерно-постепенных рубок (ПП 1 и 2) доля мегатрофов в среднем в 2 раза выше, а олиготрофов – в 1,5 раза ниже, чем на опытных участках, пройденных незавершёнными равномерно-постепенными (ПП 3–5) и добровольно-выборочными рубками (ПП 6 и 7), что объясняется снижением конкуренции за свет, влагу и элементы питания между живым напочвенным покровом и древостоем на ПП

Распределение растений живого напочвенного покрова на экологические группы по отношению к плодородию и влажности почвы

| Экологическая группа растений | Проективное покрытие, % | | | | | | |
|--|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | ПП 1 | ПП 2 | ПП 3 | ПП 4 | ПП 5 | ПП 6 | ПП 7 |
| <i>По отношению к плодородию почвы</i> | | | | | | | |
| олиготрофы | 54,9 | 50,0 | 69,8 | 65,1 | 65,1 | 72,6 | 73,8 |
| мезотрофы | 13,2 | 27,4 | 23,2 | 18,7 | 35,8 | 14,0 | 18,8 |
| мегатрофы | 21,3 | 30,4 | 15,5 | 18,4 | 5,6 | 15,8 | 12,6 |
| <i>По отношению к влажности почвы</i> | | | | | | | |
| мезофиты | 42,5 | 63,4 | 55,2 | 63,6 | 53,7 | 58,7 | 55,5 |
| мезогигрофиты | 9,6 | 25,2 | 10,0 | 5,4 | 19,4 | 16,0 | 34,1 |
| гигрофиты | 37,3 | 19,2 | 43,3 | 33,2 | 33,4 | 27,7 | 15,6 |

Естественное возобновление ели после выборочных рубок по данным учета 2011 г.

| Номер объекта | численность, экз./га | встречаемость, т, % |
|---------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 3153 | 96,7 |
| 2 | 2333 | 90 |
| 3 | 3988 | 93,3 |
| 4 | 4295 | 95,0 |
| 5 | 2952 | 80,0 |
| 6 | 4380 | 98,3 |
| 7 | 4183 | 96,7 |



Рис. 3. Распределение подроста ели по категориям состояния

3 и 4 в связи с высокой полнотой древостоев (1,2 с учетом двух ярусов), а на ПП 5–7 – за счет более старшего возраста деревьев и замедления процессов их жизнедеятельности. Кроме того, максимальное количество мегатрофов было отмечено на ПП 2, что определяется, в первую очередь, более богатыми усло-

виями произрастания в ельниках кисличных по сравнению с черничными.

На всех опытных участках большинство растений принадлежат к мезофитам, что связано с одинаковыми условиями месторождения (преобладает черничный тип леса).

Таким образом, анализ влияния выборочных рубок на развитие живого напочвенного покрова показывает, что данные лесохозяйственные мероприятия ускоряют восстановительную сукцессию. Подтверждение этому мы находим и при анализе влияния выборочных рубок на появление и развитие подроста.

Учет подроста проводился в мае 2011 г. по методике А.В. Грязькина [4, 5]. Полученные данные представлены в табл. 3.

На всех пробных площадях под пологом древостоев отмечается активное разрастание нового поколения ели. Однако четко прослеживается некоторая закономерность, связанная, в первую очередь, с видом рубки.

На объектах завершенных двухприемных равномерно-постепенных рубок (ПП 1 и 2) численность елового подроста составила 3153 и 2333 экз./га соответственно, что в среднем в 1,4 раза меньше, чем на опытных участках, пройденных незавершенными равномерно-постепенными рубками (ПП 3, 4, 5) и 1,6 раз меньше, чем на пробных площадях, где были проведены добровольно-выборочные рубки (ПП 6 и 7). Вероятно, это явление можно объяснить тем, что после незавершенных равномерно-постепенных и добровольно-выборочных рубок оставленные деревья играли роль обсеменителей и тем самым способствовали увеличению численности подроста ели.

При этом на ПП 1 численность молодого поколения ели оказалась 1,4 раза выше, чем на ПП 2, что связано, прежде всего, с типом леса: объект 1 – ельник черничный, а участок 2 – ельник кисличный, где отмечено активное разрастание трав, затрудняющих возобновление ели. На объектах добровольно-выборочных рубок (ПП 6 и 7) численность елового подроста оказалась к 2011 г. в 1,3 больше, чем участках равномерно-постепенных рубок, что связано с низкой полнотой древостоев: 0,4 и 0,6 соответственно.

Как видно из рис.3, от 53 до 92 % подроста ели на всех пробных площадях является жизнеспособным.

Доля сухого подроста варьирует от 3 до 16 %. Наибольшее количество жизнеспособного подроста 92,2 % было зафиксировано на ПП 5, что связано, на наш взгляд, с низкой сомкнутостью полога материнского древостоя. На опытном участке 5 была проведена незавершенная равномерно-постепенная рубка, что вызвало изменение экологического режима. В результате, во-первых, произошли структурные изменения в древостое: уменьшилось число деревьев; изменилось соотношение между кроновой, подземной и стволовой фитомассой древостоя в пользу первых двух. Во-вторых, вследствие снижения конкуренции со стороны древостоя было отмечено разрастание живого напочвенного покрова. И, в-третьих, произошло резервирование части высвободившихся почвенных ресурсов в ризосфере. Это привело к активизации системы малого биокруговорота, постепенному вовлечению сохраненных ресурсов в продукционный процесс и, как следствие, к появлению подроста ели. Следует отметить, что на этом объекте не было отмечено ни одного экземпляра сухого подроста ели.

Наименьшая численность жизнеспособного подроста была зафиксирована на ПП 2, что объясняется высокой сомкнутостью полога материнского древостоя (0,9) и конкуренцией за свет, влагу, элементы питания со стороны живого напочвенного покрова и, прежде всего, злаковых, осоковых и ситниковых растений, о чем речь уже шла выше. На этом же участке отмечается наибольшее количество сухого и нежизнеспособного подроста ели – 15,6 и 31,7 % соответственно. На остальных объектах доля жизнеспособного подроста составляет в среднем 60–70 %.

Особенности восстановительных процессов, протекающих в лесных фитоценозах, пройденных выборочными рубками, можно выявить также при изучении влияния живого напочвенного покрова на появление и развитие подроста ели.

Как показали наши исследования, между численностью подроста ели, появившегося после равномерно-постепенных и добровольно-выборочных рубок, и суммарным проективным покрытием живого напочвенного покрова не установлено тесной

связи. Так, например, на объектах 2, 3, 5 и 7 суммарное проективное покрытие живого напочвенного покрова примерно одинаковое и составляет 107,8; 108,5; 106,5 и 105,2 % соответственно. В то же время численность подроста ели на участках 2 и 5 составляет 2333 и 2952 экз./га, а на пробных площадях 3, 5 и 7 – 3988, 4380 и 4133 экз./га соответственно, что в 1,5 больше, чем предыдущих объектах. На пробных площадях 4 и 6 численность подроста ели составляет 4295 и 4133 экз./га, что совпадает с численностью на объектах 5 и 7 при разнице в суммарном проективном покрытии в 5–6 %. Особая картина наблюдается на объекте 1, где было зафиксировано наименьшее суммарное проективное покрытие (89,4 %) при средней (по отношению ко всем объектам исследования) численности подроста (3153 экз./га).

Вышесказанное позволяет предположить, что после выборочных рубок суммарное проективное покрытие живого напочвенного покрова не является главным фактором, влияющим на естественное возобновление ели европейской под пологом древостоев. По-видимому, появление подроста ели после выборочных рубок зависит от структуры живого напочвенного покрова. Большое влияние на естественное возобновление ели оказывает доля злаковых, осоковых и ситниковых растений в суммарном проективном покрытии живого напочвенного покрова. При увеличении данного показателя численность подроста снижается, что объясняется биологической особенностью указанных семейств растений: они образуют дернину, мешающую прорастанию семян и росту всходов.

Прямая зависимость существует между численностью подроста ели и суммарным проективным покрытием мхов: чем меньше суммарное проективное покрытие мхов, тем больше численность подроста ели, появившегося после выборочных рубок.

Таким образом, количество жизнеспособного подроста ели после проведения выборочных рубок будет определяться следующими показателями: качеством проведения рубок; сомкнутостью полога материн-

ского древостоя; долей растений в живом напочвенном покрове, образующих дернину. Вид рубки не оказывает решающего влияния на состояние подроста.

Выводы

Таким образом, динамика развития напочвенной растительности после выборочных рубок позволяет сделать вывод об ускорении восстановительных реакций в лесных экосистемах. Ослабляя конкуренцию и повышая актуальное плодородие почв, несплошные рубки создают благоприятные условия для развития нижних ярусов растительности лесного фитоценоза. В результате расширяется спектр видового разнообразия и соответственно усложняется структура нижних ярусов растительности. Структурные изменения в живом напочвенном покрове и подросте направлены на усиление почвозащитных и ресурсосберегающих функций, и вместе с тем они являются естественным следствием ускорения сукцессии.

Библиографический список

1. Беляева, Н.В. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом: дис. ...канд. с.-х. наук / Беляева Наталия Валерьевна. – СПб., 2006. – 186 с.
2. Мельников, Е.С. Влияние комплексного ухода за лесом на развитие нижних ярусов растительности сосновых и еловых фитоценозов южной тайги / Е.С. Мельников, Н.В. Беляева, Л.С. Богданова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2006. – Вып. 178. – С. 4–12.
3. Беляева, Н.В. Структурные изменения в живом напочвенном покрове после сплошных рубок, проведенных в комплексе с механической подсушкой осины / Н.В. Беляева, О.И. Григорьева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2010. – Вып. 190. – С. 15–24.
4. Грязькин, А.В. Патент № 2084129, Российская Федерация, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста / А.В. Грязькин. – №94022328/13; Заяв. 10.06.94; Оpub. 20.07.97, Бюл. № 20.
5. Грязькин, А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (На примере ельников Северо-Запада России) / А.В. Грязькин. – СПбЛТА, 2001. – 188 с.
6. Карпачевский, Л.О. Почвеннобиогеоценологические исследования в лесных биогеоценозах / Л.О. Карпачевский и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 160 с.

ВИДЫ И ДИНАМИКА УПЛОТНЕНИЯ И РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ НА ВЫРУБКАХ

Е.Д. САБО, *проф. каф. почвоведения МГУЛ, д-р техн. наук,*
О.В. КОРМИЛИЦЫНА, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
В.В. БОНДАРЕНКО, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. биол. наук*

caf-soil@mgul.ac.ru

Знание процессов уплотнения и естественного разуплотнения почв затрагивает интересы строительства, сельского и лесного хозяйства, ландшафтной архитектуры и др. В настоящей статье на основе экспериментальных исследований рассмотрены процессы, происходящие в почве при механизированной заготовке леса.

Указанные исследования показали, что после концентрированной рубки леса происходит три основных вида уплотнения: физическое, вторичное и экологическое.

Физическое (первичное) уплотнение вызывается непосредственным воздействием движителей машин на поверхность почвы. При многократных проходах (в зависимости от принятой технологии, влажности почвы и размеров вырубки) образуется колея или уплотняется определенный участок поверхности вырубки. Это уплотнение, как правило, сопровождается изменением микрорельефа поверхности почвы (на уплотненных участках поверхность опускается, образуя колею или микропонижения). Распределение величины уплотнения по профилю почвы неоднородно. При этом достаточно четко выде-

ляется так называемое «ядро уплотнения», расположенное обычно на глубине 10–30 см от поверхности уплотненной почвы. Ниже приведены выборочные фактические данные, которые характеризуют как сам процесс уплотнения, так и его динамику (табл. 1).

О величине уплотнения и его достоверности достаточно красноречиво говорят коэффициенты уплотнения и коэффициенты достоверности различия (t) при сравнении их с табличным значением при уровне значимости 0,05.

Физическое уплотнение является одномоментным, происходящим лишь в период работы машин. Оно, как правило, распространяется в глубину до 40–50 см и в стороны от колеи – до 20–40 см.

Вторичное уплотнение является более длительным. Ориентировочно оно продолжается в среднем по всему профилю почвы около 14 лет, в ядре уплотнения – 16 лет, а в ряде случаев, возможно, и более длительный срок. Основными причинами вторичного уплотнения является изменение экологической обстановки (в особенности гидрологического режима) и появление новых антропогенных

Т а б л и ц а 1

**Уплотнение дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы
в колеях волоков после сплошной рубки леса [2]**

| Возраст вырубки, лет | Горизонт почвы, см | Плотность сухой почвы, г/см ³ | | t ($t_{0,05} = 2,78$) | Коэффициент уплотнения |
|-------------------------|-----------------------|--|----------|------------------------------|---------------------------|
| | | колея | контроль | | |
| 0 | 0–5 | 0,85 | 1,02 | 2,83 | 0,83 |
| | 5–10 | 0,96 | 1,20 | 6,67 | 0,80 |
| | 15–20 | 1,61 | 1,23 | 9,05 | 1,31 |
| | 20–25 | 1,56 | 1,37 | 3,28 | 1,14 |
| | 30–35 | 1,49 | 1,50 | 0,10 | 0,99 |
| 4 | 0–5 | 1,33 | 1,07 | 7,22 | 1,24 |
| | 5–10 | 1,70 | 1,09 | 27,73 | 1,56 |
| | 15–20 | 1,70 | 1,27 | 20,48 | 1,34 |
| | 20–25 | 1,62 | 1,34 | 5,49 | 1,21 |
| | 30–35 | 1,51 | 1,53 | 0,91 | 0,99 |

Уплотнение дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на пасаках после сплошной рубки леса [2]

| Возраст вырубki, лет | Горизонт почвы, см | Пасека | Контроль | t $t_{0,05} = 2,78$ | Коэффициент уплотнения |
|----------------------|--------------------|--------|----------|--------------------------|------------------------|
| 4 | 0–5 | 1,36 | 1,07 | 13,81 | 1,27 |
| | 5–10 | 1,37 | 1,09 | 7,78 | 1,26 |
| | 15–20 | 1,45 | 1,27 | 4,50 | 1,14 |
| | 20–25 | 1,37 | 1,34 | 0,32 | 1,02 |
| | 30–35 | 1,43 | 1,53 | 7,14 | 0,93 |
| 17 | 0–5 | 1,21 | 0,79 | 13,13 | 1,53 |
| | 5–10 | 1,30 | 1,06 | 3,16 | 1,23 |
| | 15–20 | 1,51 | 1,34 | 2,10 | 1,13 |
| | 20–25 | 1,58 | 1,44 | 3,33 | 1,10 |
| | 30–35 | 1,61 | 1,47 | 3,41 | 1,10 |

форм микрорельефа при воздействии движителей машин на поверхность почвы. Изменение гидрологического режима обусловлено повышением количества осадков, достигающих поверхности почвы (на 30–40 %) и значительной концентрацией влаги в колее, в результате чего в пределах самой колеи общее количество влаги (основные осадки, дополнительные осадки и сток с прилегающего локального водосбора) может в средний по осадкам год достигать 1200–1500 мм и более, вместо 400 мм под пологом сомкнутого елового древостоя.

Экологическое уплотнение связано, в основном, с рубкой древесного полога и не зависит от технологии заготовки. Отдельные данные говорят о том, что на величину экологического уплотнения может влиять размер вырубki и способ рубки. Этот вид уплотнения ярко проявляется в средних частях пасаки, где полностью сохранен подрост и где не было проходов машин. Причинами уплотнения в этом случае являются различные экологические факторы. С одной стороны, увеличивается количество осадков, достигающих поверхности почвы (на 30–40 %), амплитуда колебаний температуры почвы и приземного слоя воздуха, изменяется ветровой режим, солнечная радиация, напочвенный покров, количество и видовой состав почвенных микроорганизмов и фауны. С другой стороны, снижается рыхлящее действие корневых систем деревьев как в результате прекращения ростовых процессов, так и раскачки деревьев

под действием ветра. Все эти процессы приводят к уплотнению почвы, которое прослеживается по экспериментальным данным до 17 и более лет (табл. 2).

Описанные выше результаты исследований вызывают закономерный вопрос о различии величин уплотнения в колее волока (под влиянием физического и вторичного уплотнения) и почвы пасаки (под влиянием только экологического уплотнения). Такие различия действительно имеются, и в большинстве случаев они достоверны в различных горизонтах почвы при уровне значимости 0,05 в течение 35 лет и более.

Из приведенных выше выборочных данных достаточно четко просматривается циклический характер уплотнения и разуплотнения почвы под влиянием природных факторов. Еще более наглядно этот процесс можно представить в виде графика, на котором совместно приведены кривые уплотнения и разуплотнения «ядра уплотнения», колеи волока и почвы пасаки в сравнении с контролем (рис. 1). При этом по оси ординат отложены коэффициенты уплотнения, полученные как отношение плотности почвы на опытном участке к плотности почвы на контроле. В этом случае линия контроля представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой, равной 1,00.

Для количественной оценки и характеристики полученных закономерностей были использованы как непосредственно экспериментальные данные, так и аппроксимирован-

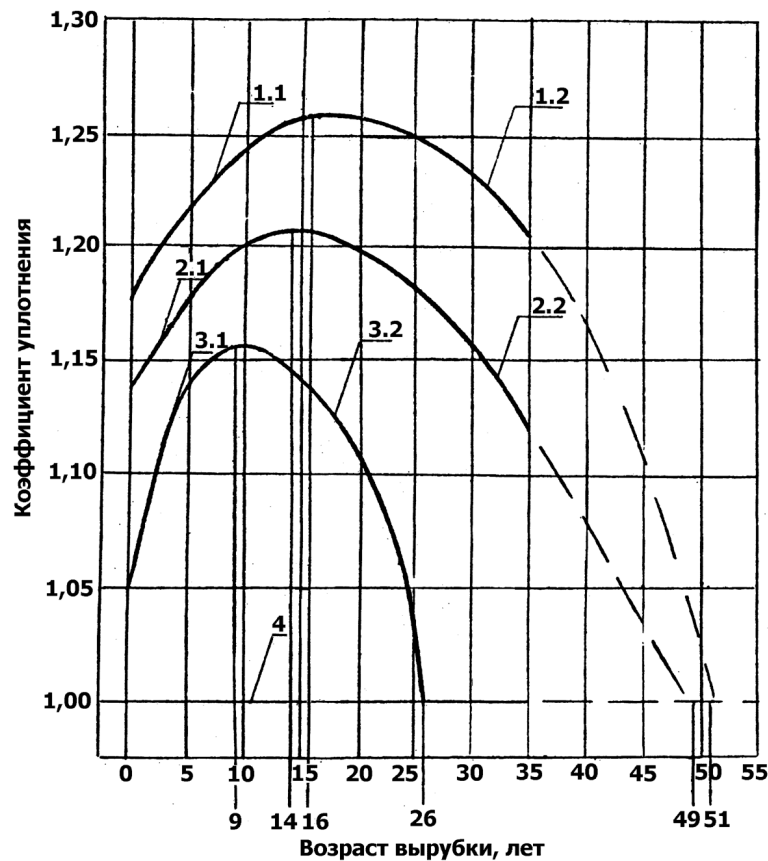


Рис. 1. Уплотнение и разуплотнение дерново-подзолистой почвы на вырубках [1]

ные, описываемые прямой и параболой второго порядка. В последнем случае появляется возможность аналитическим путем найти период максимума уплотнения и его величину.

Из приведенных данных видно, что период уплотнения почв на указанных элементах вырубki длится 16, 14 и 9 лет, а период полного восстановления плотности почвы до уровня контроля (при аппроксимации параболой) соответственно 51, 49 и 26 лет.

Из этих же данных видно, что быстрее всего достигает максимума уплотнения почва на пасеке в результате экологического уплотнения (9 лет) и в то же время период восстановления ее свойств естественным путем оказывается самым коротким (всего 26 лет). При этом коэффициент уплотнения оказался самым небольшим (1,16) по сравнению с колеей волока (1,21) и «ядром уплотнения» (1,26).

Сокращенные уравнения связи:
«ядро уплотнения»

- 1.1. $y = 1,175 + 0,01x - 0,0003x^2; \eta = 0,74;$
- 1.2. $y = 1,200 + 0,007x - 0,0002x^2; \eta = 0,62;$

колея (минеральная часть)

- 2.1. $y = 1,135 + 0,011x - 0,0004x^2; \eta = 0,73;$
 - 2.2. $y = 1,217 + 0,0005x - 0,00009x^2; \eta = 0,67;$
- пасека

- 3.1. $y = 1,050 + 0,025x - 0,001x^2; \eta = 0,95;$
- 3.2. $y = 1,110 + 0,012x - 0,0006x^2; \eta = 0,81;$

контроль

$$4. y = 1 = \text{const.}$$

Общий вид уплотнения почвы наиболее наглядно представлен в виде эпюры уплотнения (рис. 2).

Рассмотрев причины уплотнения почв на вырубках (особенно физическое уплотнение), необходимо выяснить роль различных факторов, характеризующих как лесозаготовительную машину, так и технологию работ.

На основе исследований на статической модели было найдено четырехфакторное статистическое уравнение уплотнения грунта под воздействием движителя машины

$$D = 0,011 P - 0,0081 P_m - 0,26V - 0,21 N + 4,35, \\ R^2 = 0,994^{+++}, e = 0,0033, F = 572 > F_{0,001} = 10,8,$$

где D – плотность грунта в сухом состоянии, $г/см^3$;

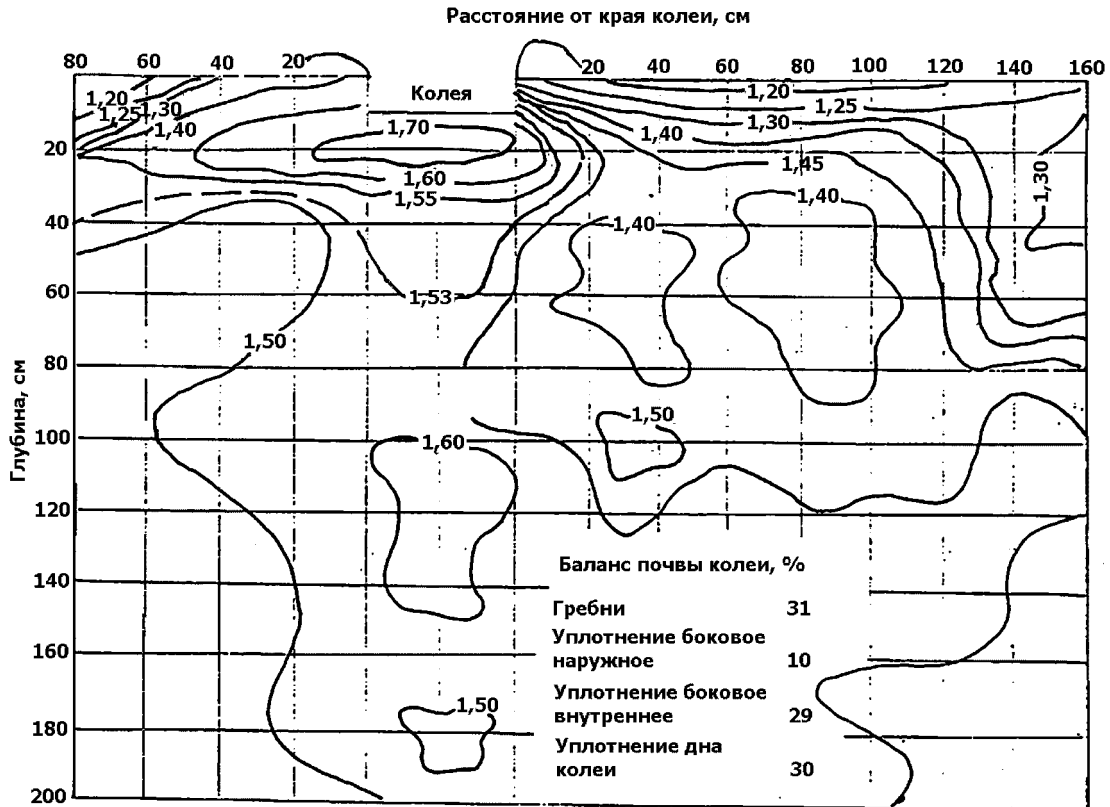


Рис. 2. Эпюра уплотнения колеи двухлетнего волокна [1]

P – среднее давление, кПа ($r_p = 0,469$, $d_p = 12,9\%$);
 P_m – максимальное давление, кПа ($r_p = 0,430$, $d_p = 27,5\%$);
 V – влажность грунта, % ($r_v = 0,798^{+++}$, $d_v = 20,6\%$);
 N – число проходов, шт. ($r_n = 0,920^{+++}$, $d_n = 39,0\%$);

В приведенных выражениях r – коэффициент парной корреляции с указанием уровня значимости ($^{+++}$ соответствует уровню 0,001), d – коэффициент частной детерминации.

Анализ полученной зависимости показывает, что наибольшую роль в уплотнении грунта в рассмотренных условиях на модели играет число проходов машины (39 % суммарного эффекта). Второе по значению место занимает максимальное давление машины (27,5 %), затем следует влажность грунта (20,6 %) и на последнем месте стоит среднее давление (всего 12,9 %).

Изучение динамики процесса позволило получить общее интегральное трехпараметрическое уравнение уплотнения и

разуплотнения дерново-подзолистых средне-суглинистых почв

$$U_{об} = \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left[\int_{t^o}^{t^m} (1,05 + 0,025t - 0,001t^2) dt + \int_{t^m}^{t^g} (1,11 + 0,012t - 0,0006t^2) dt - \int_{t^o}^{t^g} (t) dt \right] + \frac{p}{100} \left[\int_{t^o}^{t^m} (1,18 + 0,01t - 0,0003t^2) dt + \int_{t^m}^{t^g} (1,2 + 0,007t - 0,0002t^2) dt - \int_{t^o}^{t^g} (t) dt \right],$$

коэффициенто-лет;

где p – площадь сильно уплотненных участков, %;

t – период, лет;

t^o – начальный период времени, лет;

t^m – период максимального уплотнения, лет;

t^g – период полного восстановления плотности почвы, лет;

ε – экологическое уплотнение (например на пасаках);

γ – физическое и вторичное уплотнение в ядре уплотнения.

Приведенное уравнение учитывает коэффициент уплотнения в динамике, время пол-

ного восстановления исходной плотности почвы, долю сильно уплотненных участков. Для перехода к плотности почвы необходимо результаты умножить на 1,38 (для ядра) и 1,28 (на контроле и при экологическом уплотнении).

Приведенные материалы показывают, что ожидать естественного разуплотнения почв придется очень долго. Поэтому быстрое и интенсивное использование уплотненных почв, например в лесном хозяйстве, связано в первую очередь с различными видами вспашки, культивации и дискования.

Библиографический список

1. Сабо, Е.Д. Воздействие движителей машин при лесозаготовках на почвы вырубок / Е.Д. Сабо, О.В. Кормилицына // Научные труды МГУЛ. – 1993. – Вып. 265. – С. 112–116.
2. Макарова, О.В. Изменение основных свойств лесных почв Подмосковья после сплошной рубки и их влияние на лесовозобновление: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. / О.В. Макарова. – М.: МГУЛ, 1994. – 23 с.
3. Котиков, В.М., Уплотнение и разуплотнение почвы после концентрированной рубки еловых насаждений / В.М. Котиков, Е.Д. Сабо, О.В. Макарова // Лесное хозяйство. – 1994. – № 5. С. 46–49.
4. Сабо, Е.Д. Оценка уплотнения почв вырубков / Е.Д. Сабо // Научные труды МГУЛ. – 1995. – Вып. 280. – С. 58–60.
5. Сабо, Е.Д. Биогеоценотические основы изучения процессов уплотнения и разуплотнения почв на вырубках / Е.Д. Сабо // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: научн. тр. – М.: МГУЛ, 1999. – Вып. 297. – С. 170–173.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНАШИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.Н. ВИНОКУРОВ, *проф. каф. механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, д-р техн. наук*

vinocurov@mgul.ac.ru

Полевые исследования изнашивающей способности почв проводились нами во всех основных зонах нашей страны. Изнашивающую способность почв во всех пунктах испытаний определяли по интенсивности изнашивания лемехов плугов общего назначения, которыми проводили вспашку окультуренных площадей. По значениям интенсивности износа лемехов определяли коэффициенты изнашивающей способности почв по отношению к эталонной абразивной среде, в качестве которой использовался песок Люберецкого карьера, расположенного в Московской области [1].

Кроме того, нами была собрана обширная информация по износу лемехов и плугов в полевых условиях. Эта информация была получена путем анализа протоколов машино-испытательных станций, отчетов научно-исследовательских институтов (ВИМ, ВИСХОМ, ГОСНИТИ и др.). Полученные при этом данные по износу лемехов, увязанные с условиями их испытаний, представляли дополнительный материал, позволивший с достаточной достоверностью установить ко-

эффициенты изнашивающей способности основных типов почв Российской Федерации.

Обработка экспериментальных данных проводилась методами вариационного анализа. По известным формулам определялись среднее арифметическое значение M , выраженное в г/га; среднеквадратичное отклонение, σ , г/га; средняя ошибка среднего арифметического, m_0 , г/га; коэффициент вариации, v_0 , % и показатель точности опыта, p_0 , %. Результаты статистической обработки данных удельного износа лемехов по массе на почвах, не содержащих щебнисто-каменистые включения, приведены в табл. 1. По данным этой таблицы можно проследить влияние на износ лемехов типа почвы и механического состава. Другие факторы: влажность почвы, агрофон, удельное давление, скорость движения, износостойкость материала – были неизменными.

Приведенные в табл. 1 данные охватывают четыре основных типа почв и шесть разновидностей механического состава без учета щебнисто-каменистых включений. Из этих данных видно, что удельный износ лемехов по массе в сильной степени зависит от

Результаты статистической обработки данных удельного износа лемехов

| Характеристика почвы | Число наблюдений | Среднее арифметическое значение, М г/га | Среднее квадратическое отклонение, σ , г/га | Средняя ошибка среднего арифметич., m_0 , г/га | Коэффициент вариации, v_0 , % | Показатель точности, p_0 , % |
|----------------------|------------------|---|--|--|---------------------------------|--------------------------------|
| Песчаная | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 15 | 63,3 | 12,6 | 3,12 | 19,0 | 5,0 |
| Черноземная | 12 | 64,6 | 16,4 | 5,4 | 24,9 | 8,4 |
| Каштановая | 20 | 70 | 16,2 | 3,6 | 23,1 | 5,1 |
| Сероземы | 15 | 85,5 | 13,1 | 3,4 | 15,3 | 4,0 |
| Супесчаная | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 56 | 47,1 | 12,7 | 1,7 | 27,0 | 5,7 |
| Черноземная | 13 | 50,9 | 14,6 | 4,0 | 28,7 | 7,9 |
| Каштановая | 23 | 69,2 | 11,9 | 2,5 | 17,2 | 3,6 |
| Сероземы | 28 | 60,2 | 23,7 | 3,0 | 39,4 | 5,0 |
| Легкосуглинистая | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 14 | 40,2 | 10,03 | 2,9 | 25,6 | 7,2 |
| Черноземная | 38 | 43,1 | 14,8 | 2,4 | 34,8 | 5,6 |
| Каштановая | 15 | 47,9 | 7,4 | 1,9 | 15,4 | 4,0 |
| Сероземы | 7 | 32,7 | 9,5 | 3,6 | 29,0 | 11,0 |
| Среднесуглинистая | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 30 | 31,6 | 6,1 | 1,1 | 19,3 | 3,5 |
| Черноземная | 134 | 19,7 | 5,1 | 0,4 | 25,9 | 2,0 |
| Каштановая | 32 | 35,6 | 8,3 | 3,5 | 23,3 | 4,2 |
| Сероземы | 16 | 22,3 | 3,0 | 0,7 | 13,5 | 3,1 |
| Тяжелосуглинистая | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 31 | 16,2 | 2,5 | 0,4 | 15,4 | 2,5 |
| Черноземная | 44 | 12,3 | 3,3 | 0,5 | 26,8 | 4,0 |
| Каштановая | 14 | 16,7 | 4,4 | 1,2 | 26,3 | 7,2 |
| Сероземы | 8 | 17,9 | 3,1 | 1,2 | 17,3 | 6,7 |
| Глинистая | | | | | | |
| Дерново-подзолистая | 8 | 5,8 | 2,2 | 0,8 | 37,9 | 13,8 |
| Черноземная | 43 | 8,9 | 3,1 | 0,5 | 34,8 | 5,6 |
| Каштановая | 7 | 13,5 | 1,6 | 0,6 | 11,8 | 4,4 |
| Сероземы | 5 | 13,6 | 2,4 | 1,2 | 17,6 | 8,1 |

механического состава почвы и почти не зависит от типа почвы. Для всех разновидностей почв наибольшее значение удельного износа лемехов получено на почвах песчаного, а наименьшее – на почвах глинистого механического состава. Здесь прослеживается определенная закономерность изменения удельного износа от механического состава почвы. Изменение же удельного износа в зависимости от типа почв происходит неустойчиво. Для большинства исследуемых почв различие между средними арифметическими значениями удельного износа лемехов, подсчитанными с учетом типа почв, не достоверно.

В табл. 2 приведены данные по удельному износу серийных долотообразных леме-

хов. Данные этой таблицы охватывают шесть разновидностей механического состава и не учитывают типа почвы.

Результаты расчета коэффициентов изнашивающей способности почв по удельному износу лемехов приведены в табл. 3.

На почвах, не содержащих каменистых и щебнистых включений, имеется закономерность возрастания коэффициентов изнашивающей способности почв по мере увеличения содержания в почве песчаных частиц. Песчаные частицы, состоящие в основном из кварца и полевого шпата, имеют высокую твердость и способны царапать поверхность почворезущих деталей. Поэтому чем больше в почве таких частиц, тем выше

Результаты статистической обработки данных удельного износа плужных лемехов на не каменистых почвах

| Характеристика почвы | Число наблюдений | Среднее арифметическое значение, М, г/га | Среднее квадратическое отклонение, σ , г/га | Средняя ошибка средн. арифм., m_0 , г/га | Коэффициент вариации, v_0 , % | Показатель точности, p_0 , % |
|----------------------|------------------|--|--|--|---------------------------------|--------------------------------|
| Песчаная | 62 | 70,71 | 16,6 | 2,1 | 23,3 | 2,9 |
| Супесчаная | 120 | 54,7 | 17,9 | 1,6 | 14,4 | 2,9 |
| Легкосуглинистая | 74 | 42,5 | 13,8 | 1,5 | 31,2 | 3,5 |
| Среднесуглинистая | 212 | 24,0 | 8,5 | 0,6 | 35,4 | 2,5 |
| Тяжелосуглинистая | 97 | 14,7 | 3,8 | 0,4 | 25,8 | 2,7 |
| Глинистая | 63 | 9,5 | 3,7 | 0,5 | 38,9 | 5,3 |

Изнашивающая способность почв

| Название почв по механическому составу | Почвы, не содержащие каменистые включения | Почвы, содержащие каменистые включения | | | |
|--|---|--|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | | Почвы, содерж. мелкие каменистые включения | Каменистые почвы, содержащие камни | | |
| | | | до 20 м ³ /га | до 35 м ³ /га | свыше 35 м ³ /га |
| Глинистые | 0,32 | 1,46 | 4,59 | 5,90 | 7,44 |
| Тяжелосуглинистые | 0,50 | 2,40 | 4,43 | 5,80 | 7,17 |
| Среднесуглинистые | 0,82 | 2,86 | 4,24 | 5,59 | 6,95 |
| Легкосуглинистые | 1,53 | 4,00 | 4,20 | 5,48 | 6,84 |
| Супесчаные | 1,86 | 3,83 | 4,04 | 5,40 | 6,75 |
| Песчаные | 2,42 | 3,38 | 3,94 | 5,30 | 6,69 |

износ деталей при равной степени фиксации твердых частиц.

На щебнисто-каменистых почвах износ деталей определяется не только количеством песчаных частиц, но и количеством щебнисто-каменистых включений, а также степенью их фиксации в почве. На обработке глинистых почв, засоренных щебнисто-каменистыми включениями, износ деталей увеличивается почти в пять раз по сравнению с такими же почвами, не содержащими подобные включения. Среднесуглинистые почвы с щебнисто-каменистыми включениями имеют изнашивающую способность в среднем выше, чем песчаные почвы без камней и щебня.

Полученные данные по износу плужных лемехов положены в основу предложенной нами классификации почв Российской Федерации по изнашивающей способности.

Попытки классифицировать почвы по их изнашивающей способности предпринимались ранее [2]. Однако они носили в основном зональный характер и базирова-

лись на ограниченном экспериментальном материале.

Почвы по изнашивающей способности разделены нами на пять групп [3]. Почвы, обладающие высокой изнашивающей способностью, отнесены к первой группе. В эту группу входят каменистые почвы с содержанием камней свыше 35 м куб. на га. Интенсивность износа плужных лемехов на почвах первой группы превышает 180,0 г/га. Во вторую группу включены каменистые почвы повышенной изнашивающей способности, на которых интенсивность изнашивания плужных лемехов равна 120–180 г/га.

Третья группа почв объединяет почвы средней изнашивающей способности. Интенсивность износа плужных лемехов на почвах этой группы составляет 60–120 г/га. Данная группа включает почвы всех механических составов (кроме глинистых), засоренных мелкими щебнисто-каменистыми включениями. К этой группе могут быть отнесены почти все разновидности почв лесной зоны,

за исключением почв, содержащих крупные каменистые включения.

К четвертой группе отнесены почвы пониженной изнашивающей способности. Интенсивность износа плужных лемехов на почвах этой группы составляет 30–60 г/га. В нее включены почвы глинистого механического состава с содержанием незначительного количества мелких каменистых включений и супесчаные и легкосуглинистые почвы без щебнисто-каменистых включений. Территориально почвы пониженной изнашивающей способности занимают южную часть лесной зоны.

К пятой группе отнесены почвы, имеющие низкую изнашивающую способность.

Интенсивность износа плужных лемехов на этих почвах не превышает 30 г/га. К этой группе можно отнести большинство почв лесостепной и степной зон страны.

Библиографический список

1. Винокуров, В.Н. Разработка методики и аппаратуры для исследования изнашивающей способности почв: сб. научн. тр. / В.Н. Винокуров. – М.: МЛТИ, 1974. – Вып. 52. – С. 98–108.
2. Огрызков, Е.П. Влияние физико-механических свойств почв на их изнашивающую способность / Е.П. Огрызков. // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1969. – № 7. – 35 с.
3. Винокуров, В.Н. Классификация почв Союза ССР по изнашивающей способности: научн. тр. / В.Н. Винокуров. – М.: МЛТИ, 1978. – Вып. 99. – С. 96–97.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ПОЧВ КАМЕНИСТЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ И ВЛИЯНИЯ ИХ НА ПОЛОМКИ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ

В.Н. ВИНОКУРОВ, *проф. каф. механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, д-р техн. наук*

vinocurov@mgul.ac.ru

Встречающиеся в почве каменистые включения оказывают большое влияние на работу почвообрабатывающих машин и орудий. Они вызывают поломки плужных лемехов, отвалов и других деталей. Поэтому для пахоты почв, засоренных камнями, используют специальные плуги с предохранительными механизмами.

В задачу наших исследований входило определение основных размерных характеристик каменистых включений, установление их распределения по среднему диаметальному размеру, определение процентного содержания каменистых включений в почве и их влияния на поломки плужных лемехов. Для опытов были взяты участки окультуренных почв, расположенных на территории Петушинского района Владимирской области. Почвы на исследуемых участках по типу – дерново-подзолистые, по механическому составу – песчаные, супесчаные, легкосуглинистые.

Для определения количества, размеров и массы каменистых включений и степени их распределения в пахотном горизонте на каждом участке после визуального обследо-

вания выбиралась пробная площадь размером 20×20 м, на которой подлежали учету и замерам все каменистые включения, расположенные на поверхности и имеющие минимальный размер в поперечнике более 10 см.

Определение характера распределения каменистых включений в слоях пахотного горизонта производилось на учетных площадках размером 1×1 м, на которых послонно вынималась почва до глубины 30 см и подсчитывались включения, расположенные в слоях 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см. На каждой пробной площади пахотного поля разбивалось пять учетных площадок, которые располагались следующим образом: четыре площадки по углам и одна в центре.

Все каменистые включения, обнаруженные в пахотном слое на учетных площадках, замерялись в трех взаимноперпендикулярных сечениях. По данным замеров определялся средний диаметр включений, расположенных на различной глубине. Кроме указанных замеров определялся и объем включений при помощи мерного цилиндра, заполненного водой.

Распределение каменистых включений по учетным площадкам

| Механический состав почвы | Количество камней, содержащихся в 25 площадках, шт. | Количество камней, приходящихся на одну площадку | | | Неравномерность распределения количества камней по площадкам, %, б |
|-----------------------------------|---|--|------------------------|-------------------------|--|
| | | Среднее, шт n ср | Минимальное, шт. n min | Максимальное, шт. n max | |
| Участок 1, почва супесчаная | 600 | 24 | 0 | 68 | 28,4 |
| Участок 2, почва песчаная | 1979 | 79 | 40 | 167 | 13,5 |
| Участок 3, почва легкосуглинистая | 742 | 27 | 10 | 71 | 24,8 |

Т а б л и ц а 2

Статистические показатели содержания каменистых включений в почве

| Место проведения опытов | Интервалы изменения диаметра каменистых включений | Статистические показатели | | | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | n | M, % | ±σ, % | ±m ₀ | v ₀ , % | P ₀ , % |
| Участок 1 | Дср > 10 см | 25 | 0,56 | 0,79 | 0,16 | 51,0 | 8,6 |
| | Дср ≤ 10 см | 25 | 0,23 | 0,21 | 0,04 | 92,5 | 19,1 |
| Участок 2 | Дср > 10 см | 25 | 0,86 | 0,64 | 0,13 | 74,5 | 15,1 |
| | Дср ≤ 10 см | 25 | 0,65 | 0,33 | 0,07 | 50,6 | 10,2 |
| Участок 3 | Дср > 10 см | 25 | 0,27 | 0,18 | 0,04 | 66,7 | 13,4 |
| | Дср ≤ 10 см | 25 | 0,24 | 0,14 | 0,03 | 57,8 | 13,1 |

Количество каменистых включений и данные, характеризующие степень неравномерности распределения камней по учетным площадкам на окультуренных почвах Петушинского района Владимирской области, приведены в табл. 1.

Данные табл. 1. показывают, что на песчаных почвах по сравнению с супесчаными и легкосуглинистыми n_{cp} примерно в три раза больше, а σ в два раза меньше. Следовательно, с увеличением количества каменистых включений увеличивается равномерность их распределения по площади участка. О равномерности распределения мелких каменистых включений по учетным площадкам можно судить по их процентному содержанию в почве. Для этого из общего количества обнаруженных в учетных площадках каменистых включений были выделены камни, имеющие $D_{cp} > 10$ см. Показатели, характеризующие суммарное содержание камней со средним диаметром $D_{cp} > 10$ см, и камней, имеющих средний диаметр менее 10 см, приведены в табл. 2.

Из анализа данных, приведенных в табл. 2, видно, что содержание каменистых

включений, имеющих средний диаметр $D_{cp} \leq 10$ см, в супесчаной и легкосуглинистой почве практически одинаково (0,23–0,24 %). В песчаной почве содержание таких включений составило 0,65 %, или в 2,8 раза больше, чем в супеси и легком суглинке. Полученное в опытах высокое значение коэффициента вариации свидетельствует о неравномерности распределения каменистых включений по площади участка.

Для определения интенсивности поломки деталей необходимо знать объем крупных камней на единице площади. Фактический объем камня определяется с помощью коэффициента формы Симпсона

$$v_{\phi} = \epsilon_{\phi} v_{mn}$$

где v_{mn} – мнимый объем камня, равный D_{cp}^3 ; ϵ_{ϕ} – коэффициент формы Симпсона, равный v_{ϕ} / v_{mn} .

Используя методы корреляционного анализа, мы установили тесную линейную связь между мнимым и фактическим объемами камня [2].

Полученное корреляционное линейное уравнение связи имеет вид

Статистические показатели среднего диаметра каменистых включений

| Место проведения опытов | Статистические показатели | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------|--------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | N | M, мм | ±σ, мм | ±m ₀ , мм | v ₀ , % | p ₀ , % |
| Участок 1 | 591 | 36 | 14,8 | 0,61 | 41,0 | |
| | 96 | 166 | 17,6 | 1,8 | 10,6 | 1,7 1,1 |
| Участок 2 | 1974 | 36 | 13,8 | 0,31 | 38,0 | 0,9 1,7 |
| Участок 3 | 739 | 33 | 15,0 | 0,56 | 35,0 | |

Распределение выбракованных плужных лемехов по характеру их дефекта

| Место проведения испытаний | Всего испытано лемехов, шт. | Выбраковано, % | |
|---|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | по предельному износу | по деформации и поломкам |
| С-з «Клязьминский», Владимирской области, легкий суглинок | 46 | 34,8 | 65,2 |
| | 15 | 33,3 | 66,7 |
| | 23 | 4,0 | 96,0 |
| С-з «Россия», Владимирской области, средний суглинок | 29 | 72,0 | 28,0 |
| С-з «Покровский», Владимирской области, почва песчаная | 63 | 19,0 | 81,0 |
| С-з «Фряновский», Московской области | 21 | 38,1 | 61,9 |

$$v_{\text{ср}} = 0,4v_{\text{мн}} + 32.$$

Применительно к износу и поломкам деталей все находящиеся в почве каменистые включения можно подразделить на три группы.

К первой группе отнесены каменистые включения диаметром 3–10 мм, влияющие только на интенсивность изнашивания деталей. Эти включения могут быть выделены из почвы в лабораторных условиях путем просеивания ее в сухом состоянии на ситах.

Во вторую группу входят каменистые включения диаметром от 10 до 100 мм, влияющие на интенсивность изнашивания деталей рабочих органов. Степень засорения почвы такими включениями может быть определена в полевых условиях путем послонной выемки почвы из учетных ям.

В третью группу входят каменистые включения диаметром свыше 100 мм. Эти включения вызывают деформирование и поломки деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Степень крупности каменистых включений характеризуется их средним диаметром. Результаты определения среднего

диаметра камней на почвах разного механического состава приведены в табл. 3.

Как видно из данных, представленных в табл. 3, на всех исследуемых почвах значение среднего диаметра мелких каменистых включений одинаково и равно 33–36 мм. Наряду с мелкими включениями на окультуренных почвах встречаются, хотя и в небольших количествах, крупные камни, имеющие средний диаметр $D_{\text{ср}} > 10\text{см}$. Среднее арифметическое значение диаметра таких камней на супесчаных почвах (участок 1) составило 166 мм.

На окультуренных почвах наблюдается преобладание каменистых включений с малыми значениями среднего диаметра. Камни, имеющие средний диаметр менее значения среднего арифметического M, занимают 70–75 % от общего их количества.

На обработке почв, засоренных щебнисто-каменистыми включениями, большой процент лемехов выбраковывается из-за деформации или поломки носка лемеха (табл. 4).

Этот вывод подтверждается также анализом ремонтного фонда на участке централизованного восстановления плужных лемехов Казанского ремонтного завода (табл. 5).

Распределение выбракованных плужных лемехов по характеру их дефекта

| Тип лемеха | Общее количество лемехов | | Количество изношенных лемехов | | Количество поломанных лемехов | |
|----------------------|--------------------------|-----|-------------------------------|------|-------------------------------|------|
| | шт. | % | шт. | % | шт. | % |
| Лемех долотообразный | 308 | 100 | 123 | 39,9 | 185 | 60,1 |

На этот участок в ремфонд поступают плужные долотообразные лемехи из следующих областей: Горьковской, Ульяновской и Рязанской.

При встрече с камнем лемех плуга деформируется и предохраняет от поломок стойку корпуса. Количество поломок лемехов зависит от степени каменистости почв. Эта зависимость хорошо аппроксимируется эмпирическим уравнением прямой линии

$$N_{л} = 270v_{к} - 238,$$

где $N_{л}$ - количество поломок лемехов в шт./100га,

$v_{к}$ – объем крупных камней, м³/га.

Высокое значение процента поломанных лемехов свидетельствует о целесообразности использования в зоне дерново-подзолистых почв специальных плугов с предохранительными механизмами. У обыч-

ных же плугов общего назначения лемех выполняет защитную функцию. Ломается, как правило, носовая часть лемеха. Поэтому целесообразно для зоны каменистых почв выпускать лемехи с укороченной носовой частью. Проведенная нами проверка эффективности таких лемехов на каменистых почвах показала сравнительно хорошую их работоспособность. Количество случаев поломок лемехов снизилось на 20 %.

Библиографический список

1. Винокуров, В.Н. Влияние засоренности почв каменистыми включениями на износ и поломки плужных лемехов / В.Н. Винокуров // Лесной журнал. – 1977. – №4 – с. 44–48.
2. Винокуров, В.Н. Определение коэффициентов расхода лемехов для зоны каменистых почв / В.Н. Винокуров // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1977. – № 2. – С. 20–22.

ОСОБЕННОСТИ ОТСЧЕТА МОДЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

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

А.В. МАКАРЕНКО, *доц. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ, канд. техн. наук*

makarenko@mgul.ac.ru

При решении многих технологических задач в лесной промышленности, предусматривающих получение комплексных оценок эффективности применения систем машин (экономических, производственных, экологических) для данных природно-производственных условий, существует необходимость построения сложных математических моделей функционирования отдельных машин и их взаимодействия между собой. Имитационное моделирование в этом случае традиционно является одним из часто используемых и хорошо проверенных методов исследования технологических и технических процессов лесозаготовительного производства. Объектами и элементами имитационного моделирования могут быть различные по крупности сложные производственные системы: весь лесозаготовительный процесс предприятия, отдельные его фазы (лесосечные и нижнескладские работы, лесообрабатывающие цехи и их технологические линии), системы машин или отдельные машины, установки и оборудование.

Построение модели сложной системы связано с выбором объектов, входящих в систему, выделением необходимых и интересующих состояний этих объектов, последовательностью и порядком смены состояний и взаимодействия и взаимовлиянием объектов друг на друга. В зависимости от цели построения модели системы одни из ее объектов могут быть действующими, а другие вспомогательными (буферными). Действующими объектами при моделировании технологических процессов, к примеру, лесосечных работ, могут быть непосредственно лесозаготовительные машины и оборудование. Возможные состояния для этих объектов разделяются на

два основных вида: простой по тем или иным причинам и выполнение соответствующих операций, представленных с определенной степенью дробности по элементам. Вспомогательными объектами для рассматриваемого примера будут являться объекты труда, распределенные по степени обработки, месту нахождения (складирования) и способу накопления. Это может быть лесосека в целом или разделенная на делянки, пасеки, с учетом (разыгрыванием) параметров каждого дерева, штабеля деревьев, хлыстов или сортиментов на территории пасек или на погрузочном пункте и др. Кроме перечисленных, вспомогательными объектами могут быть и другие объекты, испытывающие определенные воздействия от активных объектов, протекание процессов в которых представляет интерес для исследования.

Важной структурной особенностью построения имитационной модели является выбор способа отсчета модельного времени, на основании которого строится последовательность смены состояний действующих объектов и отслеживание состояний вспомогательных. Основными способами отсчета модельного времени (1) являются: моделирование по особым состояниям, при известном списке ближайших возможных состояний объектов, моделирование с постоянным шагом, когда поиск ближайших состояний происходит во время моделирования, с постоянным шагом и при известном списке ближайших состояний. Одним из важных отличий указанных способов отсчета модельного времени является особенность отслеживания параллельных процессов объектов, составляющих имитационную модель. Первый способ предполагает предварительное определение

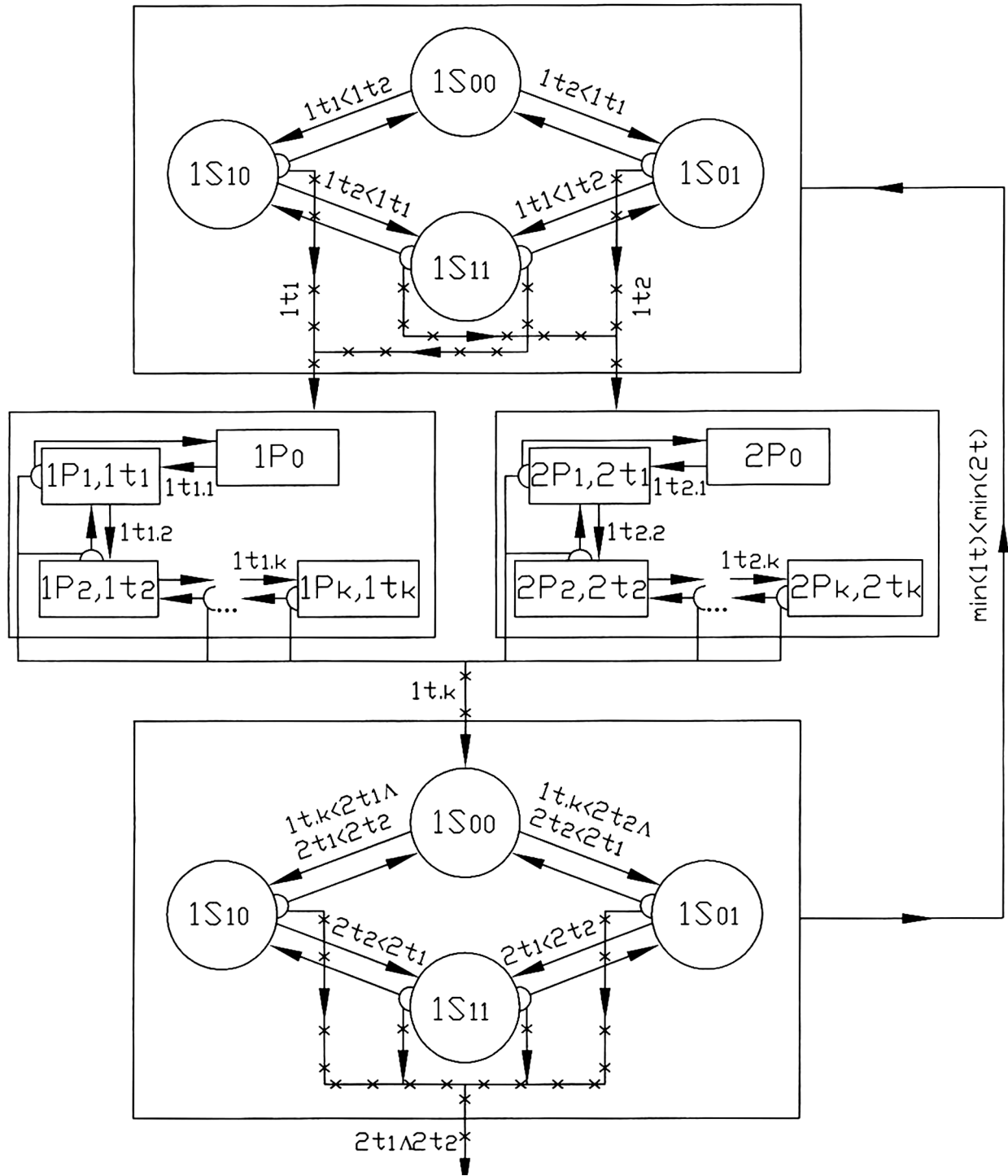


Рис. 1. Граф состояний объектов моделирования при отсчете модельного времени по особым состояниям

моментов времени начала или окончания выполнения той или иной технологической операции или ее составляющего элемента для каждого из объектов модели. Время окончания или начала какой-либо операции является моментом перехода объекта из состояния в состояние. При наличии полного списка переходов производится выбор из них ближай-

шего по отношению к текущему модельному времени. Объект, которому принадлежит ближайший по времени переход из состояния в состояние, объявляется активным (моделируемым) в данный период времени, если не наложено дополнительное ограничение или нет определенной зависимости между объектами. Подобным ограничением (зависимостью) для

объектов (машин и оборудования) модели лесосечных работ может быть условие соблюдения зоны безопасности между машинами, достаточное количество единиц заготовленного сырья для последующего использования (например объем трелюемой пачки) и т.д. Для активного действующего объекта определяются состояния связанных с ним вспомогательных объектов – размеры штабелей, длина разработанной ленты и др. Таким образом, моделирование параллельных процессов при отсчете времени по особым состояниям (моментам переходов) происходит скачкообразно от объекта к объекту.

На рис. 1 представлен примерный граф состояний системы машин для имитационной модели с отсчетом времени по особым состояниям. Граф включает две фазы воздействия на древесное сырье по две однотипные машины в каждой фазе и при наличии межоперационных запасов между фазами. Воздействие на древесное сырье в каждой фазе представляет собой определенный набор операций (обрабатывающих или переместительных), выполняемых машиной в этой фазе. Двухфазная модель соответствует работе таких систем машин для лесосечных работ, как харвестер и форвардер, валочно-пакетирующая машина и пачкоподборщик, вальщик леса и трелевочный трактор того или иного типа. При увеличении машин в системе граф может быть расширен на большее число фаз и большее число единиц техники в фазе. Обозначения, принятые на рис. 1, следующие: S – действующие объекты (машины), цифра перед символом – номер фазы, первая цифра в индексе – номер машины в фазе, вторая цифра в индексе – номер состояния (0 – простой, 1 – работа); P – вспомогательные объекты (межоперационные запасы), цифра перед символом – номер запаса (соответствует номеру машины, его создавшей), цифра в индексе (k) – количество полных пачек; $t1$ – момент времени смены состояния действующего объекта с указанием номера фазы (первая цифра) и номера машины в фазе (вторая цифра); $t1.k$ – момент времени смены состояния (например изменения числа пачек) для вспомогательного объекта с указанием номера предыдущей фазы актив-

ных объектов (первая цифра), номера запаса (вторая цифра), номера состояния (третья цифра).

Основа функционирования имитационной модели для графа на рис. 1, как указывалось ранее, строится на сравнении моментов времени начала и окончания выполнения действующими объектами тех или иных операций и поиска из них наименьшего. Параллельно производится определение состояния вспомогательных объектов (межоперационных запасов) и отдельных характеристик работы машин (например, их взаимное расположение или расположение относительно границ лесосеки, текущие показатели эффективности работы). В результате сравнения моментов времени и условий работы в текущий момент времени выбирается, для какого из действующих объектов будет произведено моделирование выполнения его операции. Окончание работы модели осуществляется при достижении текущего модельного времени определенного значения – продолжительности смены или нескольких смен. Другим способом прерывания работы модели является окончание разработки лесосеки или их группы.

Второй способ отсчета модельного времени при его изменении с постоянным шагом применяется при большом количестве состояний моделируемых объектов, входящих в сложную систему. Каждое состояние объекта, соответствующее выполнению машиной какого-либо элемента той или иной технологической операции, должно описываться определенной функцией, имеющей начальное и конечное значение. В процессе моделирования при каждом шаге изменения времени последовательно определяются значения текущих функций, что характеризует протекание соответствующих процессов каждого из составляющих моделируемой системы действующих объектов. При достижении какой-либо функции конечного значения данное состояние какого-либо объекта считается завершенным. Примером для максимального значения функции могут служить расстояние между стоянками лесозаготовительной машины, диаметр спиливаемого дерева, дли-

на ствола дерева при выполнении операции обрезки сучьев и др. При завершении одного состояния объекта и переходе его в другое производится пересчет показателей работы и характеристик связанных с ним вспомогательных объектов.

Применение второго способа моделирования для технологических процессов лесосечных работ часто бывает затруднительно из-за большого дробления выполняемых технологических операций на элементы, с описанием протекания каждого из них отдельной функцией случайных или неслучайных аргументов. В случае применения стохастических регрессионных зависимостей продолжительности по времени выполнения отдельной операции или ее элементов машиной из натуральных экспериментов второй способ моделирования в чистом виде оказывается неприменимым.

Определенной модификацией второго способа отсчета модельного времени с применением отдельных принципов первого является третий способ управления временем, находящий преимущественное применение в графах особого вида – сетях Петри. Сети Петри представляют собой двудольный граф с набором вершин двух типов – позиций и переходов, соединенных ориентированными дугами. Применительно к моделям технологических процессов и машин для лесозаготовок вершины-позиции могут характеризовать те или иные состояния моделируемых объектов, а вершины-переходы смены состояний объектов при наступлении определенных событий и условий. Совокупность множеств позиций, переходов и дуг позволяет описать логические причинно-следственные связи моделируемой сложной системы технологического процесса лесозаготовок. Для описания протекания моделируемых процессов во времени в сеть Петри вводят особый элемент – так называемые фишки, которые определяют состояния моделируемых объектов системы во времени, находясь в соответствующей позиции. Срабатывание перехода, то есть продвижение фишки из позиции в позицию, происходит в том случае, если все входные позиции для данного перехода заняты фишками, а модельное время достигло необходимого значения.

Модельное время в сетях Петри отсчитывается с установленным шагом и постоянно сравнивается с продолжительностью периода нахождения моделируемого объекта в том или ином состоянии (например, продолжительностью выполнения технологической операции), который должен быть заранее определен. Определения продолжительности выполнения операции или иного действия объекта может производиться с применением какого-либо закона распределения случайных величин, регрессионной зависимости, аналитического выражения и т.д. При достижении модельного времени нужного значения переход открывается. Если же существуют позиции, связанные с данным переходом, в которых нет фишек (то есть позиции не активны), переход остается закрытым, а моделируемый объект (например лесозаготовительная машина) простаивает в ожидании открытия перехода.

На рис. 2 представлена модель в виде графа сети Петри для двух лесозаготовительных машин (ВПМ, харвестер, ВТМ, вальщик леса и др.), работающих в первой фазе. В сети графа расположены позиции трех типов: позиции состояния машин (1Р и 2Р), состояния предмета труда (W) и позиции, определяющие отсчет модельного времени. Переходы между позициями (отмечены прямоугольниками) соединяют позиции всех трех типов и определяют логическую взаимосвязь объектов между собой при осуществлении технологического процесса лесозаготовок. Срабатывание любого перехода, то есть изменение состояний моделируемых объектов, происходит в том случае, когда все входящие позиции этого перехода активны (помечены фишками).

Модель, отражающая параллельную работу двух лесозаготовительных машин, необходимо требует механизма согласования их работы во времени. Согласование работы заключается в логически правильной активизации последовательных состояний (отражающих выполнение операций или их элементов) каждой машины, независимо от того, имеют ли эти состояния непосредственное взаимовлияние друг на друга или нет. Это позволяет четко выравнять работу машин одной фазы

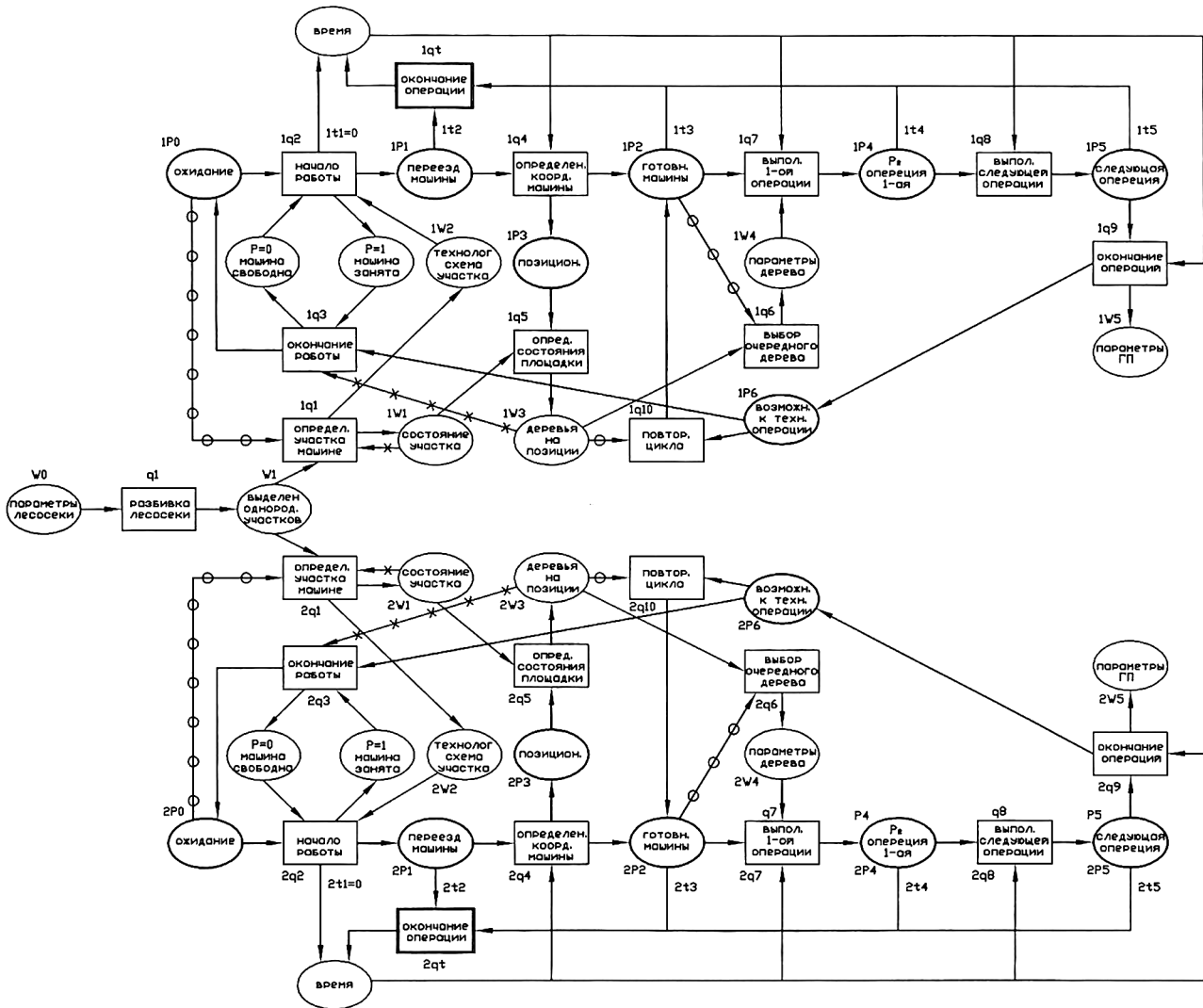


Рис. 2. Сеть Петри, моделирующая работу двух лесозаготовительных машин и состояние лесосеки: W0, W1 – позиции состояний лесосеки до выделения участков лесозаготовительным машинам; 1W1...1W5, 2W1...2W5 – позиции состояний предмета труда до и после выполнения технологических операций машинами (первая цифра – номер машины, вторая цифра – номер состояния); 1P0...1P6, 2P0...2P6 – позиции состояний машин во время работы; q1, 1q2...1q10, 2q1...2q10, 1qt, 2qt – обозначения переходов между состояниями для первой и второй машин; 1t1...1t5, 2t1...2t5 – моменты времени окончания выполнения отдельных операций (пробытия машины в каком-либо состоянии)

во времени и получать правильную выходную информацию для моделей работы машин последующих фаз.

Перед началом работы графа расставляются фишки начальных состояний позиций указанных трех типов, что означает готовность работы машин (позиции 1P0 и 2P0), состояние лесосеки (W0) и нулевой отсчет времени. Начальный этап работы сети заключается в разбивке лесосеки на отдельные однородные делянки и их участки (позиция W1). После этого моделируется переезд машин на рабочие позиции (1P1 и 2P1) и выда-

ется сигнал в счетчик времени, когда машины эти позиции заняли. После того, как счетчик модельного времени достигает значения, соответствующего ближайшему (наименьшему) моменту времени занятия одной из машин рабочей позиции, срабатывает соответствующий переход (1q4 или 2q4) и модельный объект – данная машина, переходит в состояние выполнения технологических операций. Дальнейшее последовательное срабатывание переходов происходит аналогичным образом: модельный счетчик времени достигает ближайшего значения времени окончания

выполнения одной из машин какой-либо операции, а позиции, определяющие состояние предмета труда (степень разработки лесосеки или участка, количество деревьев на рабочей позиции, размеры штабелей древесины и др.), разрешают выбранный переход или перестраивают работу модели по другому направлению (выполнение других операций).

Как видно из графа, основными его циклами являются последовательность позиций и переходов, определяющих выполнение машинами технологических операций по валке деревьев и последующей их обработке на текущей стоянке (для первой машины 1P2→1q7→1P4→1q8→1P5→1q9→1P6→1q10→1P2). В случае, когда число деревьев, находящихся в зоне досягаемости машины, заканчивается (в позиции 1W3 или 2W3 нет фишек), основной цикл прерывается и по цепочке переходов активизируется позиция, моделирующая переезд машины на следующую стоянку. После разработки всех выделенных участков одной из машин на данной лесосеке активным становится исходное состояние этой машины – ожидание. Предмет труда (заготовленная древесина) будет находиться в конечном состоянии – в виде готовой продукции работы машины, служащей исходным предметом труда для машин последующей фазы (позиции 1W5 и 2W5). Объем и параметры готовой продукции определяются характеристиками фишек в конечном состоянии предмета труда, а окончание работы модели – отсутствием фишек в исходном состоянии предмета труда (лесосеки).

Результатом работы модели на рис. 2 могут быть все основные характеристики, определяющие эффективность работы лесозаготовительных машин при разработке лесосек. Наиболее специфичными и значимыми характеристиками для имитационных моделей являются показатели согласованности действия машин, степень их загрузки и простоев, изменения допустимых нагрузочных и скоростных параметров машин в зависимости от режима их работы и лесорастительных условий. Данные параметры, в свою очередь, представляют важную информацию для последующей оптимизации технологических процессов лесозаготовок.

Библиографический список

1. Гульяев, А.К. Имитационное моделирование в среде Windows / А.К. Гульяев. – СПб.: «КОРОНА принт», 1999. – 288 с.
2. Шахов, В. Моделирование программно-аппаратных «реактивных» систем раскрашными сетями Петри / В. Шахов // RSDN Magazine. – 2006. – Вып. 3. – С. 63–70.
3. Макаренко, А.В. Математическое описание силовых потоков многооперационной лесозаготовительной машины / А.В. Макаренко // Межвуз. сб. науч. тр. «Технология и оборудование лесопромышленного комплекса» – СПб.: СПбЛТА, 2010. – С. 69–74.
4. Макаренко, А.В. Имитационное моделирование работы лесозаготовительной машины с помощью сетей Петри / А.В. Макаренко // Науч. тр. МГУЛ, «Технология и оборудование лесопромышленного производства» – М.: МГУЛ, 2011. – Вып. 356. – С. 44–49.
5. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: МГУЛ, 2005. – 497 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ С БИОДОБАВКАМИ

Г.И. КОЛЬНИЧЕНКО, проф. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ, д-р техн. наук,
А.В. СИРОТОВ, проф. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ, д-р техн. наук,
Я.В. ТАРЛАКОВ, асс. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ

sirotov@mgul.ac.ru

В настоящее время государство, бизнес и наука вырабатывают общие подходы к научно-техническому развитию на основе инновационных технологий. Инструментом в

реализации этих целей являются технологические платформы, разработанные и предложенные Минэкономразвития РФ. Правительственная комиссия по высоким технологиям

и инновациям, возглавляемая премьер-министром РФ, рассмотрела и утвердила в 2011 г. их перечень, который насчитывает 27 платформ, 4 из которых – в сфере энергетики [1].

Технологическая платформа – малая распределенная энергетика (МРЭ) – объединяет более 150 организаций-участников, в том числе известные НИИ и проектные учреждения, крупнейшие энергокомпании, производители энергооборудования и т.д.

Целью создания МРЭ является инновационно-технологическое обеспечение структурной перестройки российской энергетики путем перехода от жестко централизованной системы с крупными энергоисточниками к способам энергообеспечения на основе малых форм.

Малая распределенная энергетика рассматривается сегодня как важнейшая составляющая в новой парадигме развития мировой энергетики.

Сегодня малая энергетика находится на начальном этапе развития, хотя определенные заделы для ее становления были заложены в советское время.

География размещения объектов МРЭ очень широка. Они особенно актуальны там, где проблемы энергообеспечения огромных территорий на основе централизованного электросетевого строительства не решить ввиду относительной дороговизны ЛЭП для питания удаленных маломощных потребителей.

Именно поэтому множество удаленных от централизованного электроснабжения поселков (а это зачастую лесные поселки) снабжается электроэнергией от локальных дизельных источников. Только в Сибирском Федеральном округе общее число дизельных электростанций в пересчете на 300–500 кВт установленной мощности, включая единичные дизельные агрегаты, оцениваются в 1100–1300 штук. Дизельное топливо является основным в балансе Красноярского края, Иркутской и Новосибирской областей.

Отсюда вытекает задача инициировать и инвестировать конкретные разработки по сооружению объектов малой распределенной энергетике и возобновляемых источников энер-

гии, что является одним из элементов повышения энергоэффективности экономики [2].

У малой энергетики много преимуществ:

- повышение надежности электроснабжения;
- возможность использования местных видов топлива;
- сокращение затрат на строительство сетей;
- большая эффективность электростанций малой энергетики, работающих на местных и нетрадиционных видах топлива, по сравнению с крупными электростанциями.

Общеизвестно, что нефть на ближайшую перспективу (т.е. предстоящие десятилетия) по-прежнему остается основным источником моторного топлива. Однако обострение проблемы обеспечения жизнедеятельности населения Земли органическими энергоносителями привела к необходимости хотя бы частичной замены природных топлив (главным образом нефтяных) возобновляемыми альтернативными [3].

Многочисленными исследованиями установлено, что наилучшим заменителем традиционных дизельных топлив является топливо растительного происхождения, и, в частности, получаемое из рапса. В настоящее время рапс занимает прочные позиции в мировом сельском хозяйстве как одна из основных масличных культур [4].

Использование рапсового масла связано с тремя основными направлениями повышения энергетической безопасности России:

1. Увеличение объема децентрализованного производства энергии (т.е. средствами малой энергетики).
2. Увеличение объема энергетического использования биомассы.
3. Дифференциация внутреннего рынка топлива с заменой нефтепродуктов и природного газа на биотопливо.

Следует признать, что многие вопросы оптимального применения альтернативных биотоплив и, в частности, рапсового масла у нас в стране мало изучены.

На базе Межкафедральной лаборатории (кафедры колесных и гусеничных

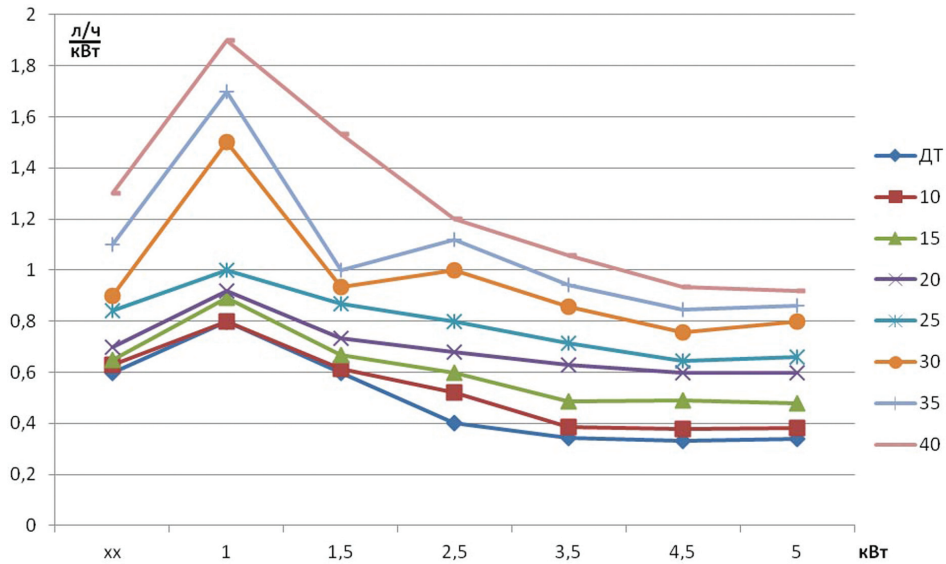


Рис. 1. Расход топлива на 1 кВт вырабатываемой мощности

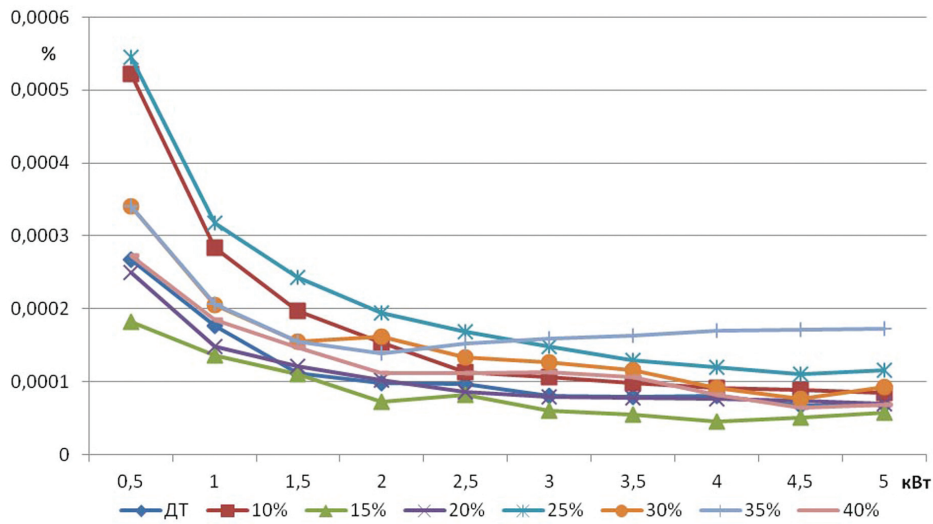


Рис. 2. Зависимость содержания CO в % на 1 кВт вырабатываемой мощности

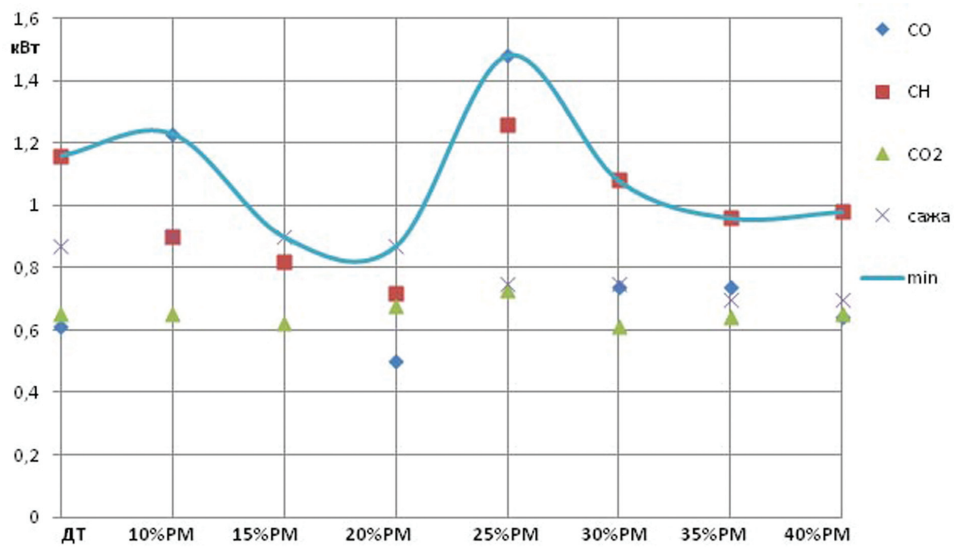


Рис. 3. Минимальное значение потребляемой мощности дизель-генератора в зависимости от процентного соотношения РМ с ДТ по стандарту euro III

Предельно допустимое содержание вредных веществ ОГ на 1 кВт вырабатываемой мощности

| % | СО | СН | Сажа | СО ₂ |
|----------|---------|-------|-------|-----------------|
| Euro III | >0,0015 | >0,04 | >0,1 | >0,0005 |
| Euro IV | 0,0015 | 0,04 | 0,04 | 0,0005 |
| | 0,0007 | 0,02 | 0,02 | 0,0002 |
| Euro V | 0,0007< | 0,02< | 0,02< | 0,0002< |

машин и кафедры электроэнергетики лесных комплексов) МГУЛ были проведены эксплуатационные испытания дизель-генератора и технико-экономические исследования по определению мощностных, экологических и экономических показателей дизеля, работающего на штатном стандартном топливе и биотопливе (т.е. дизельном топливе (ДТ) с добавлением рапсового масла (РМ)).

Для этого были разработаны методика и стенд испытаний дизель-генераторных установок с целью выявления зависимостей расхода топлива, выходных электротехнических показателей и количества выбросов отработанных газов (ОГ). Полученные результаты позволяют с помощью разработанной методики проводить оптимальный подбор состава топлива, с учетом ограничений по экологическим стандартам (euro III, euro IV и euro V). Появляется возможность определить минимальную вырабатываемую мощность и расход топлива при определенной нагрузке на испытуемом дизель-генераторе и ограничению по евростандартам.

На рис. 1 показан график зависимости расхода топлива от потребляемой мощности, который показывает, что расход на ДТ наименьший, но при этом в систему подачи топлива не вносилось никаких изменений (таких как замена форсунки, подогрев смеси), которые могли бы позволить сократить расход при использовании биодобавок. При этом расход на ДТ наименьший, но расход при 10 %, 15 % и 20 % содержания РМ в топливе не превышает 15 % от расхода с ДТ.

Увеличение содержания вредных примесей ОГ растет при увеличении потребляемой мощности. На рис. 2 изображен график зависимости содержания СО на 1 кВт вырабатываемой мощности двигателя, при этом ДТ имеет наилучшие показатели.

Из рис. 2 видно, что на всем диапазоне соотношения выделения СО на 1 кВт РМ15ДТ85 ниже чистого ДТ. Сделать сравнительную оценку содержания вредных веществ в выхлопных газах можно при помощи таблицы, которая представлена производителем автотестеров. В ней представлены значения ограничений экологических стандартов по EURO III, EURO IV и EURO V.

Таблица позволяет определить минимальную нагрузку на дизель-генератор, при которой выбросы вредных веществ ОГ не превышают предельно допустимых значений. Определив минимальные значения по нагрузке для каждого вида топлива, выбрав максимальное значение по выхлопу (СО, СО₂, СН, сажа), можно определить состав смесового топлива в зависимости от экологических ограничений (СО, СН, СО₂, сажа), как это представлено на рис. 3.

Полученные результаты являются исходными данными для построения трехмерной модели, позволяющей выбрать состав смесового топлива с обеспечением необходимого диапазона работы двигателя, минимального расхода смеси и выполнения ограничений по составу отработанных газов.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 сентября 2008 г. № 667
2. Шаталов, В.И. Малая распределенная энергетика поможет решить многие проблемы / В.И. Шаталов. – М.: Электроэнергия. – 2011. – № 5. – С. 22–23.
3. Мировая энергетика. – 2008. – № 9(57).
4. Кольниченко, Г.И. Жидкое биотопливо: проблемы и перспективы создания и использования / Г.И. Кольниченко, А.В. Сиротов, Я.В. Тарлаков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 1. – 2010. – С. 105–107.

ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

В.В. БЫКОВ, проф. каф технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, д-р техн. наук,
К.И. ЕРХОВА, асп. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ

erkhova@mgul.ac.ru; bykov@mgul.ac.ru

Основой своевременного и эффективно-го фирменного сервисного обслуживания транспортных и технологических машин лесного комплекса является обеспечение сервисных предприятий запасными частями. Несмотря на существенные структурные изменения в системе технического сервиса, по-прежнему остро стоит проблема рационального обеспечения ремонтного и обслуживающего производства запасными частями.

Повышение надежности и увеличение ресурса машин возможно только при условии выпуска продукции высокого качества. Это требует непрерывного совершенствования технологии производства и методов контроля качества. Поэтому на машиностроительных заводах и при эксплуатации машин в различных областях хозяйства применяется входной контроль, который дает значительный технический и экономический эффект.

В системе технического сервиса входной контроль это контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю, предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации транспортных и технологических машин. Здесь основным принципом организации входного контроля является установление соответствия

качества продукции необходимым требованиям с целью своевременного предъявления претензий поставщикам, а также для оперативной работы с поставщиками по обеспечению требуемого уровня качества продукции.

В современных условиях, когда на рынок поступают запасные части не только заводов-изготовителей, но и других производителей, роль входного контроля значительно возрастает. Его применение в эксплуатации, сервисных и дилерских центрах позволит обеспечить не только высокую надежность и долговечность машин, но и увеличить техническую готовность транспортных и технологических машин за счет восстановления или своевременной замены дефектных изделий.

В соответствии с ГОСТ 24297 – 87 «Входной контроль продукции. Основные положения» нами для сервисных и дилерских центров рекомендуются следующие виды входного контроля деталей и сборочных единиц:

- контроль внешнего вида, химического состава, механических свойств;
- контроль геометрических размеров, поверхности;
- физико-технический контроль.

По используемым средствам контроля различаются измерительный, регистрацион-

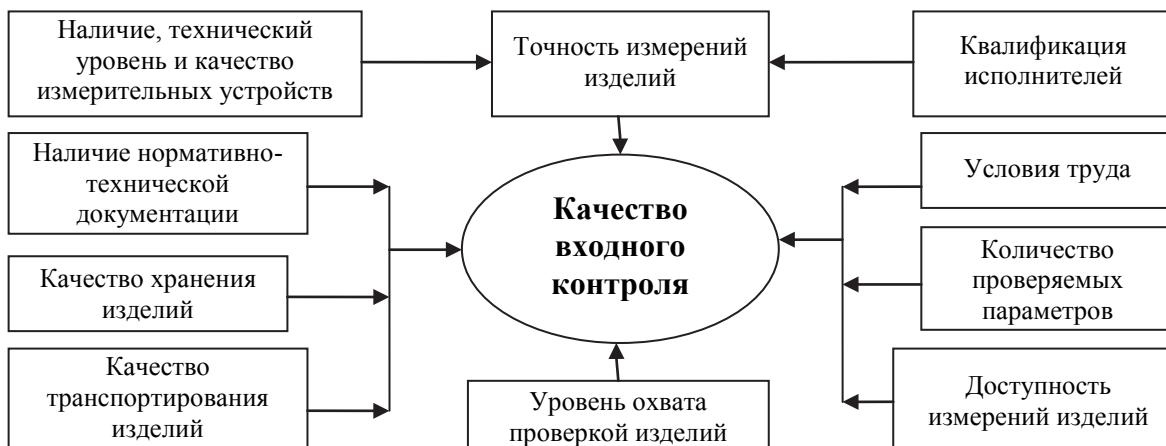


Рис. 1. Факторы, влияющие на достоверность входного контроля

Возможные дефекты деталей и узлов (запасных частей)


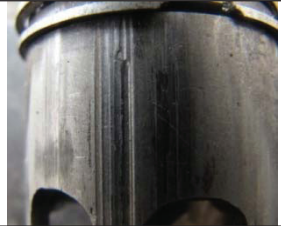
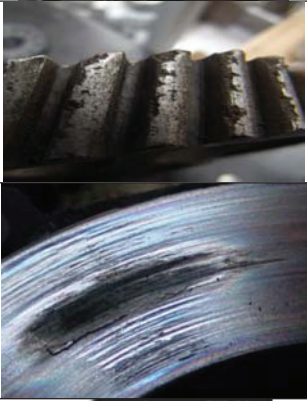

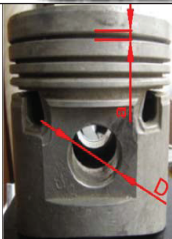

| Наименование дефекта | Дефекты поверхности | Краткая характеристика дефекта | Влияние дефекта на качество готового изделия |
|---|---|--|--|
| Трещины |  | Трещины на поверхности являются результатом возникших внутренних напряжений | В готовом изделии трещины – брак |
| Риски и задиры |  | Риски (продольные царапины) возникают на внутренних и наружных поверхностях. Задиры возникают в процессе прессования | Дефекты портят внешний вид, уменьшают точность размеров изготовленных изделий, а иногда приводят к браку |
| Рванины и надрывы |  | Рванины и надрывы являются результатом дефектов штамповки | Приводит изделие к браку |
| Черновины |  | Черновины являются результатом непрошлифованных участков | Дефект способствует быстрому износу изделия, портит внешний вид и мешает работе с определенной точностью |
| Несоответствие геометрических размеров, сколы, несоответствие шероховатости |  | | Дефект способствует быстрому износу изделия |
| Несоответствие материала, приводящее к повышенным деформациям |  | | Дефект способствует быстрому износу и браку |



Рис. 2. Основные направления повышения эффективности входного контроля качества запасных частей в технологической подготовке предприятий технического сервиса

ный, органолептический, визуальный способы, а также по контрольному образцу (путем сравнения признаков качества продукции и образца) и технический осмотр.

На качество входного контроля влияет множество факторов, среди которых для предприятий технического сервиса можно выделить следующие (рис. 1):

- наличие, технический уровень и качество средств измерений;
- метрологическое обеспечение точности измерений;
- доступность измерений.

При производстве готовых изделий возникают дефекты. В таблице представлены возможные дефекты поверхности запасных частей.

Организация входного контроля на сервисном предприятии в ряде случаев позволит избежать использования бракованных запасных частей.

На машиностроительных предприятиях на участках входного контроля используют универсальные измерительные приборы с штриховой и цифровой индикацией (штанген- и микрометрические инструменты; нутромеры и др.).

При организации системы входного контроля качества запасных частей в технологической подготовке технического сервиса недостаточно оснащать сервисные предприятия дорогостоящим цифровым измерительным инструментом, увеличивать количество

контролируемых параметров изделия и др., надо в комплексе рассматривать направления и рекомендации повышения эффективности качества входного контроля запасных частей (рис. 2).

Библиографический список

1. Быков, В.В. Концептуальные и технологические основы системы технического сервиса: монография / В.В. Быков. – 2004. – 312 с.
2. Ерхова, К.И. Входной контроль качества запасных частей для лесных машин / К.И. Ерхова // Технология и оборудование лесопромышленного производства. – 2011. – № 356. – С. 126-129.
3. Дорохов, А.С. Качество машиностроительной продукции: реальность и перспективы / А.С. Дорохов // Ежемесячный производственный, научно-технический и учебно-методический журнал. Сер. Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. – № 8. – С. 2–4.
4. <http://www.pozhtechnika.com>

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ОБКАТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОИЗНОСНОГО АНТИФРИКЦИОННОГО РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА

В.В. БЫКОВ, *проф. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, д-р техн. наук*,
 Е.А. ЦЫПЦЫН, *ООО «Технореммаш», канд. техн. наук*,
 А.С. НОСИХИН, *асп. МГАУ им. В.П. Горячкина*

bykov@mgul.ac.ru

В настоящее время актуальность темы повышения ресурса различных машин и механизмов неуклонно возрастает. На работы по обеспечению работоспособности подвижных соединений в тяжелых условиях эксплуатации, восстановлению изношенных деталей, снижению интенсивности различных видов изнашивания деталей дизелей в технически развитых странах ежегодно расходуется до 4–5 % национального дохода [1].

Это связано не только с ужесточением режимов эксплуатации дизелей, но также с отсутствием во многих случаях методов обоснованного выбора конструкционных и смазочных материалов, защитных покрытий и способов химико-термической обработки по достаточно объективным критериям для конкретных условий работы трибосоединений.

Известно, что путем улучшения качества поверхностей трения при восстановлении деталей и выбора рациональных режимов эксплуатации машин можно значительно повысить ресурс отремонтированных дизелей. Ресурс дизеля в целом зависит от износостойкости и работоспособности отдельных составляющих элементов.

За последние годы машиностроительные заводы проделали большую работу по повышению ресурса и качества изготовления деталей дизелей. Однако в целом межремонтный ресурс дизелей составляет 50–60 % от нормативного [2].

Наибольшее количество отказов дизелей наблюдается в начальный период эксплуатации. Одна из причин такого явления – низкое качество приработки деталей. Многие

Т а б л и ц а 1

Данные о ресурсах дизелей

| Марка дизеля | Ресурс дизеля, моточасы | | |
|--------------|-------------------------|--------------------|--------------|
| | нового | отремонтированного | в % к новому |
| Д-240 | 5803 | 2920 | 50 |
| СМД-62 | 3600 | 2200 | 61 |
| А-41 | 3974 | 2430 | 61 |
| А-01 | 3952 | 2370 | 60 |
| Д-180 | 2500 | 1611 | 64 |

исследователи [3, 4] придают большое значение приработке деталей не только в связи с необходимостью подготовки соединений к восприятию эксплуатационных нагрузок, но и потому, что правильная приработка оказывает большое влияние на ресурс дизелей.

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показывают, что одним из наиболее эффективных способов достижения качества приработки деталей дизелей и снижения времени обкатки является применение специальных антифрикционных покрытий и приработочных присадок к маслу, топливу и воздуху [5, 6]. Благодаря простоте и экономичности эти способы все больше привлекают внимание исследователей и практиков.

Изучение вопросов приработки особенно актуально для ремонтных предприятий, так как агрегаты и узлы дизелей здесь собирают из деталей с частичным износом, восстановленных и новых. Необходимость приработки как технологической операции обусловлена тем, что даже при совершенной сборке и соответствии шероховатости и волнистости рабочих поверхностей требованиям чертежей практически невозможно другими технологическими операциями достичь оптимальных трибологических характеристик поверхностных слоев трущихся деталей. Приработка в значительной степени определяет безотказность дизеля, особенно в начальный период эксплуатации, и при минимуме приработочного и установившегося износа трибосоединений обеспечивает повышение ресурса дизеля.

Сегодня требования к качеству моторных масел непрерывно расширяются и ужесточаются в зависимости от форсирования нагрузочных и скоростных режимов эксплуатации дизелей, уменьшения металлоемкости и удельной емкости системы смазки, качества применяемого дизельного топлива и условий эксплуатации.

При эксплуатации машин и механизмов происходят значительные химические и физические изменения масел, т. е. изменения их состава и свойств, что влияет на эксплуатационные свойства масел. Для предотвращения подобных изменений в большинство смазочных масел вводят специальные вещества и их ком-

позиции. В зависимости от состояния и растворимости в масле эти вещества получили разное название. Органические маслорастворимые продукты называют присадками, они составляют самую распространенную группу присадок к маслам. Твердые нерастворимые вещества, как правило неорганического происхождения, называют антифрикционными добавками, ряд полимерсодержащих композиций именуют модификаторами, имеются также кондиционеры и рекондиционеры металла и т. д.

Среди ресурсоувеличивающих препаратов появилось несколько видов добавок в масляную систему двигателя, призванных обеспечить снижение потерь на трение и скоростей износа деталей двигателя. Наиболее интересными представляются препараты минерального происхождения, так называемые геомодификаторы трения, позволяющие получить увеличенный ресурс двигателя на завершающем этапе производства – обкатке. Таковым препаратом является противоизносный антифрикционный (ПИАФ) состав, позволяющий на этапе обкатки не только увеличить ресурс деталей и двигателя в целом, но и сократить время приработки деталей, уменьшить их износ, повысить мощность двигателя и уменьшить расход топлива при дальнейшей эксплуатации. Ускорению приработки и улучшению качества приработанных поверхностей способствует ПИАФ состав, т.к. он содержит наиболее эффективные компоненты смазывающего и пластически-деформирующего действия – серпентин и магнетит.

Магнетит – минерал, сложный окисел состава $FeO \cdot Fe_2O_3$; содержит 31 % -FeO, 69 % – Fe_2O_3 ; 72,4 % -Fe; часто присутствуют примеси MgO , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , ZnO и др. Магнетит – феррит с кристаллической структурой обращенной шпинели. Кристаллизуется в кубической системе, обычно образует октаэдрические, реже додекаэдрические кристаллы и зернистые агрегаты. Спайность отсутствует, хрупок, твердость по минералогической шкале 5,5–6. Плотность 4800–5300 кг/м³.

Наличие твердых частиц магнетита в масле должно вести к интенсивному износу поверхностей трения. Однако мелкие абразивные частицы не только не интенсифицируют

изнашивание, но и тормозят его [7]. В ряде случаев размер частиц меньше 5 мкм считается безопасным и даже полезным. Объясняется это полирующим эффектом. Механические примеси, содержащиеся в работавшем масле, в котором ослаблено диспергирующее действие присадок, представляют собой комплексы, в сердцевине которых находятся твердые абразивные частицы, покрытые многослойной коллоидной защитой, состоящей из полярно-активных продуктов окисления масла. Положительное влияние этих частиц проявляется в том, что они интенсифицируют теплопередачу между поверхностями трения, повышают электропроводность масляной пленки, нивелируют шероховатости на поверхности.

Кроме того, микроабразив усиливает физико-химические процессы в зоне трения, вызывая незначительные деформации поверхностных слоев и появление новых поверхностей, которые являются активными участками протекания химических реакций и диффузионных процессов [8].

Исследования Г.И. Бортника и Г.П. Шпенькова [9] показали, что микроабразивные частицы размером 3 мкм и менее ускоряют протекание начальной фазы избирательного переноса (ИП) – образование сервовитного слоя и тем самым ускоряют процесс приработки деталей. Наличие до 1,5 % таких частиц в смазочном масле снижает коэффициент трения, ускоряет образование оптимального микрорельефа на всей площади касания.

Интенсивность абразивного изнашивания зависит от многих факторов, в том числе от коэффициента трения между абразивом и изнашиваемой поверхностью. При образовании на поверхности металла в процессе трения пленки даже малой толщины уменьшается коэффициент трения между абразивом и металлом, что ведет к уменьшению пластической и упругой деформации основного металла, а следовательно, и величины абразивного износа.

Известно, что в начальный период (холодная обкатка) необходимо ускорять формирование микрорельефа трущихся поверхностей, а затем (горячая обкатка) снижать интенсивность износа с одновременным мо-

дифицированием физико-механических трущихся слоев деталей [10].

Исходя из этого сделан вывод о возможности использования механического воздействия мелкодисперсного абразива для ускорения приработки поверхностей трения на маслах с ПИАФ составом.

В период холодной обкатки частицы магнетита усиливают физико-химические процессы в зоне трения, способствуют более интенсивному сглаживанию микронеровностей поверхностей трения, облегчают и ускоряют процесс приработки во время холодной обкатки.

Серпентин относится к слоистым силикатам. Они состоят из двух сеток $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$, соединенных вместе катионами в компактные пакеты состава $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$. Особенностью каждой сетки $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ является наличие нескомпенсированного электростатического заряда, обусловленного тем, что с одной стороны сетки из кремнекислородных тетраэдров имеют одну свободную валентность, что определяет появление только на одной стороне сетки тетраэдров отрицательного заряда. В сдвоенных пакетах $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ отрицательные заряды обеих сеток направлены внутрь пакета и скомпенсированы катионами Mg. Фактически в слоистых пакетах $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ между двумя сетками состава $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ располагается бруситовый слой $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (рисунок).

Специфическое строение слоистых силикатов – наличие пакетов, состоящих из гексагональных сеток-слоев, связанных друг с другом очень слабыми связями, определяет и свойства этих минералов: низкую твердость, весьма совершенную спайность и расщепляемость на тонкие пластинки. Механизм действия серпентина аналогичен механизму действия твердых смазочных материалов (графита, дисульфида молибдена и др.).

При повышении температуры поверхностей трения более 473К (горячая обкатка)

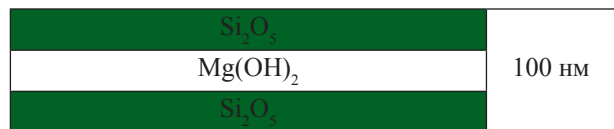


Рисунок. Схематическое строение кристаллической решетки слоистых силикатов

Режимы обкатки дизелей Д-180

| Наименование этапа | Частота вращения коленчатого вала, мин-1 | Крутящий момент, Нм | Время обкатки, мин | |
|----------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | | | Типовая технология на масле М-10ДМ | На масле М-10ДМ с ПИАФ составом |
| Холодная обкатка | 40–500 | – | 15 | 15 |
| | 900 | – | 25 | 10 |
| Горячая обкатка на холостом ходу | 500 | – | 10 | 10 |
| | 1300 | – | 10 | 5 |
| Горячая обкатка под нагрузкой | При полной подаче топлива | 275 | 10 | 5 |
| | | 550 | 15 | 10 |
| | | 810 | 15 | 10 |
| | | 885 | 5 | – |
| | | 0 | 5 | – |
| | | Всего | 110 | 60 |

серпентин образует на поверхностях трения, в местах их контакта, тонкую антифрикционную пленку, которая способна выдержать более высокую нагрузку, чем смазочная пленка минерального масла. При этом соприкасающиеся неровности не срезаются, а пластически деформируются под пленкой серпентина. Значительно уменьшаются сила и температура трения.

Характер изменения этих параметров показывает, что процесс приработки протекает в более благоприятных условиях и завершается значительно раньше по сравнению с чистым эксплуатационным маслом, т.е. серпентин и магнетит, входящие в состав РВС, позволяют форсировать процесс приработки деталей и получить повышенные физико-механические свойства поверхностей трения.

Таким образом, применение приработочных масел с ПИАФ составом во время обкатки двигателя способствует уменьшению приработочного износа, скорость изнашивания деталей в период эксплуатации за счет наличия на поверхностях трения серпентина также уменьшается.

В подтверждение данных свойств ПИАФ состава были проведены стендовые испытания дизелей Д-180 в ООО «Промтрак».

Исследования проводили по следующей технологии. На масле М-10ДМ по типовой технологии и на масле М-10ДМ с ПИАФ составом по ускоренной технологии с последующими сорокачасовыми испытаниями под нагрузкой ($M_{нагр.} = 400\text{Нм}$) было обкатано на обкаточно-тормозном стенде КИ-5541М по 1 двигателю.

Качество приработки деталей дизелей оценивали по стабилизации момента механических потерь; шероховатости гильз цилиндров; площади приработки шатунных вкладышей; величине износа поршневых колец, шатунных вкладышей; гильз цилиндров, шатунных шеек коленчатого вала; визуальным осмотром. Перед обкаткой, после обкатки и после сорокачасовых испытаний дизелей был проведен микрометраж гильз цилиндров индикаторным нутромером с точностью измерения 0,001 мм и шатунных шеек коленчатого вала индикаторной скобой с точностью измерения 0,001 мм. Весовой износ поршневых колец и шатунных вкладышей определяли на аналитических весах ВЛА-200, с точностью измерения 10^{-4} г. Шероховатость гильз цилиндров определяли с помощью профилографа-профилометра мод.201.

В результате испытаний было установлено следующее: время стабилизации момента механических потерь на масле М-10ДМ с ПИАФ составом происходит за 20–25 мин холодной обкатки, а на масле М-10ДМ – более чем за 35 мин. Кроме того, среднее значение момента трения за первые 20 мин приработки на масле М-10ДМ с ПИАФ составом на 12 % меньше, чем на чистом масле М-10ДМ.

Стендовый приработочный износ за время обкатки на масле М-10ДМ с ПИАФ составом меньше, в сравнении с чистым маслом М-10ДМ: 1– поршневые кольца на 12 %; 2– гильзы цилиндров на 23 %; 3– шатунные шейки коленчатого вала на 57 %; 4– шатунные вкладыши на 38 %.

Последующие сорокачасовые испытания дизелей на масле М-10ДМ также показали, что детали ЦПГ и КШМ дизелей, обкатанных на масле М-10ДМ с ПИАФ составом, имеют меньшие износы в сравнении с деталями дизелей, обкатанных на чистом масле М-10ДМ: 1– поршневые кольца на 19 %; 2– гильзы цилиндров на 20 %; 3– шатунные шейки коленчатого вала в 2,3 раза; 4 – шатунные вкладыши в 1,9 раза.

Суммарный приработочный износ деталей за время стендовой обкатки и сорокачасовых испытаний дизелей, обкатанных на масле М-10ДМ с ПИАФ составом, в сравнении с типовой обкаткой на масле М-10ДМ также меньше: 1– поршневые кольца на 14 %; 2– гильзы цилиндров на 22 %; 3– шатунные шейки коленчатого вала в 2,3 раза; 4– шатунные вкладыши в 1,7 раза.

Шероховатость гильз цилиндров, обкатанных на масле М-10ДМ, составила 0,035 мкм, а после сорокачасовых испытаний – 0,033 мкм. После обкатки на масле М-10ДМ с ПИАФ составом – 0,031 мкм и 0,027 мкм соответственно. Также следует отметить более стабильную шероховатость и отсутствие натиров на гильзах, обкатанных на масле М-10ДМ с ПИАФ составом. Площадь приработки шатунных вкладышей, обкатанных на масле М-10ДМ с ПИАФ составом, составила 89 %, что на 31 % больше по сравнению с типовой обкаткой.

Обкатка дизелей Д-180.111-4 на масле М-10ДМ с ПИАФ составом позволяет сократить время заводской обкатки в 1,83 раза.

Библиографический список

1. Погодаев, Л.И. Влияние присадок к смазочным маслам на износостойкость трибосопрежений / Л.И. Погодаев, Е. Нахимович, В.Н. Кузьмин // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2002. – № 4. – С. 63–74.
2. Носихин, П.И. Повышение качества и ускорение обкатки отремонтированных дизелей на основе современных достижений трибологии: дис. ... докт. техн. наук / Носихин П. И. – Москва, 1997. – 448 с.
3. Ерохин, М.Н. Принципы повышения надежности и эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники: дис. ... докт. техн. наук / Ерохин М. Н. – М., 1994. – 346 с.
4. Кравцов, В. И. Методы снижения трения и износа деталей машин / В.И. Кравцов // Машиностроит. пр-во. Прогрессивные технол. процессы в машиностр.: Обзор, информ. – М.: ВНИИТЭМР. 1990. – 44 с.
5. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – Ч. 1. – 360 с.
6. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – Ч. 2. – 420 с.
7. Корогодский, М.В. Влияние высокодисперсных частиц в масле на приработку пар трения / М.В. Корогодский // Теория смазочного действия и новые материалы. – М.: Наука, 1965.
8. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
9. Бортник, Г.И. Исследование влияния микроабразива на эффект избирательного переноса при трении: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Г.И. Бортник. – Минск, 1975. – 23 с.
10. Стрельцов, В.В. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: Колос, 1995. – 175 с.

СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

П.Ю. ЛОЩЕНОВ, *асп. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ*

loschenov.pavel@yandex.ru

Гидравлические приводы машин представляют собой сложные гидромеханические системы, имеющие, как правило, высокую функциональную значимость для обеспечения работоспособности машины в целом.

Обеспечение надежности гидравлических приводов при эксплуатации связано

с технической диагностикой, целью которой является обнаружение отказов и неисправностей на ранних стадиях их развития. Структура технической диагностики включает два взаимосвязанных направления: теорию распознавания и теорию контролеспособности.

Теория распознавания используется для построения диагностических моделей объектов диагностирования, а также для разработки алгоритмов распознавания и правил принятия решения.

Теория контролеспособности включает разработку средств и методов получения диагностической информации, контроль технического состояния объекта и поиск неисправностей. Под контролеспособностью понимают свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и обнаружение отказов и неисправностей. Контролепригодность обеспечивается конструкцией изделия и системой его технической диагностики.

В технической диагностике существуют два вида диагностирования: тестовое и функциональное.

При тестовом диагностировании на вход объекта диагностирования подаются специальные тестовые воздействия, и по реакции объекта на эти воздействия оценивается его техническое состояние. Тестовые воздействия могут подаваться на основные входы объекта диагностирования, т.е. на его

входы, используемые при применении объекта, на назначение и на дополнительные входы, организованные специально для диагностирования.

При функциональном диагностировании воздействия, поступающие на основные входы объекта, заданы его рабочим алгоритмом функционирования, поэтому они не могут выбираться, исходя из условий эффективности организации процесса диагностирования. Эти воздействия называют рабочими.

Техническое диагностирование выполняет три основные функции; получение информации о техническом состоянии гидравлического привода, обработка и анализ полученной информации и подготовка или принятие решения по объемам и срокам его технического обслуживания и ремонта [3].

Поэтому для определения технического состояния и остаточного ресурса рукавов высокого давления рассмотрим способ диагностирования рукавов высокого давления. Способ диагностирования рукавов высокого давления осуществляется с помощью специально разработанного стенда, состоя-

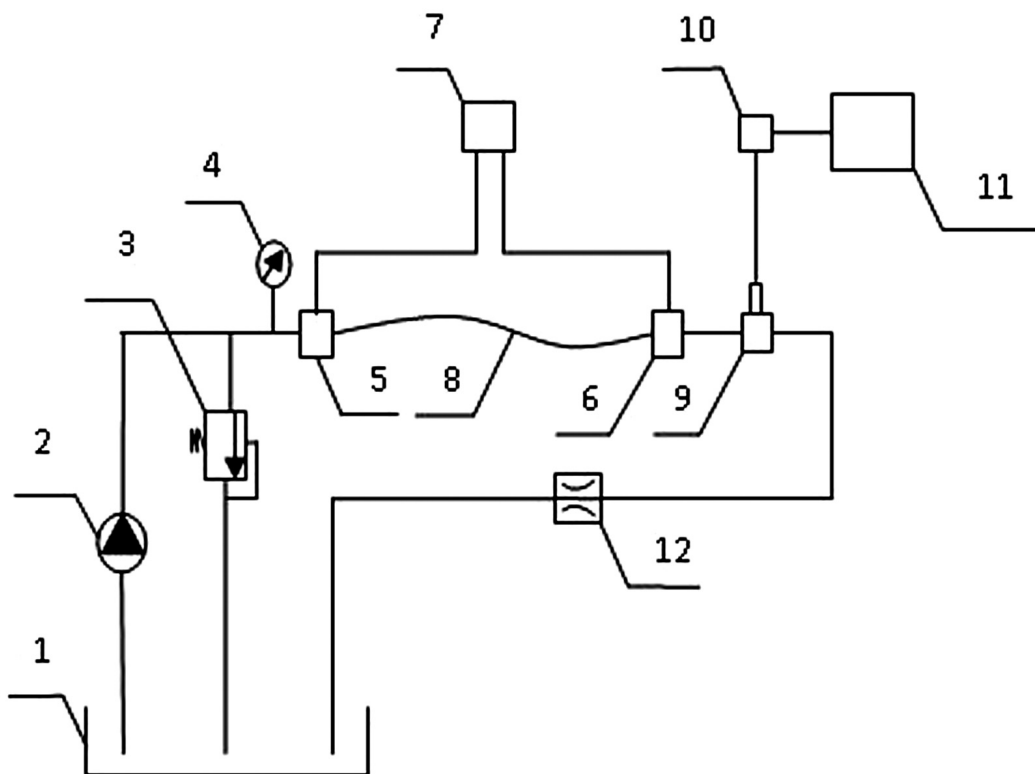


Рис. 1. Схема стенда для диагностирования рукавов высокого давления



Рис. 2. Стенд для диагностирования рукавов высокого давления



Рис. 3. Тензометрическая аппаратура

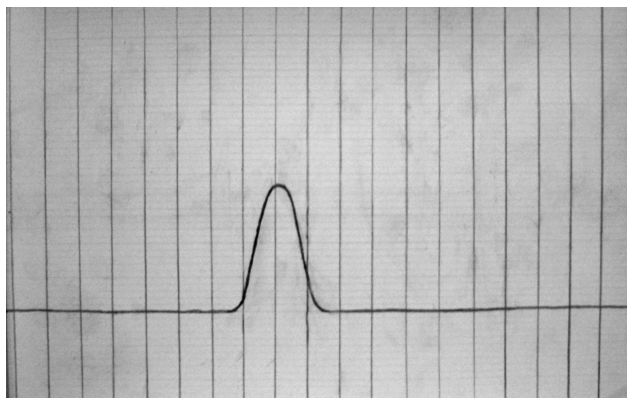


Рис. 4. Результат диагностирования нового РВД

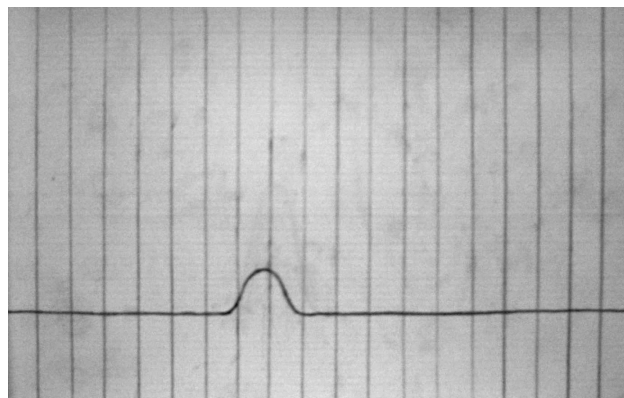


Рис. 5. Результат диагностирования старого РВД

щего из гидробака 1, насоса 2, предохранительного клапана 3, манометра 4, запорных клапанов 5,6, блока управления запорными клапанами 7, рукава высокого давления 8, тензометрического датчика 9, усилителя сигналов 8УНЧ-7А 10, осциллографа 11 и дросселя 12.

Способ диагностирования рукавов высокого давления осуществляется следующим образом. Жидкость, подаваемая насосом 2 из гидробака 1 в рукав высокого давления 8, перекрывается специальными запорными клапанами 5,6, причем запорный клапан 6 срабатывает с опережением для того, чтобы в рукаве высокого давления 8 возникло давление, равное регулировке предохранительного клапана 3. После закрытия обоих запорных клапанов 5,6 с блока управления запорными клапанами 7 подается сигнал на запорный клапан 6, который резко открывается, давая рукаву высокого давления беспрепятственно вытолкнуть жидкость за счет упругих свойств материала. Усилие, с которым рукав высокого давления 8 выталкивает жидкость, замеряется тензометрическим датчиком 9 и записывается на осциллограф 11. По отклонению полученных параметров от эталонных значений судят о техническом состоянии и остаточном ресурсе рукава высокого давления 8.

На рис. 1 показана схема стенда для диагностирования рукавов высокого давления.

На рис. 2 показан разработанный стенд для диагностирования рукавов высокого давления.

Тензометрическая аппаратура, с помощью которой определялись диагностические параметры, показана рис. 3.

При открытии запорного клапана 6 происходит выталкивание жидкости за счет упругих свойств материала рукава высокого давления. Усилие, с которым рукав высокого давления выталкивает жидкость, определяется по величине повышения давления. Величина давления у новых РВД составляет 4 МПа, а у рукавов высокого давления, имеющих предельное значение, при котором РВД выходит из строя, 1 МПа.

На рис. 4 показан результат диагностирования нового РВД (эталонное значение).

На рис. 5 показан результат диагностирования старого РВД (предельное значение). РВД с таким значением при установке на машину выйдет из строя через 50 моточасов.

Одним из главных направлений предвидения технического состояния машины является диагностирование параметров ее основных систем и узлов. Основная цель диагностирования – определение изменения технического состояния машины и предупреждение неисправности по изменению параметров систем и узлов [1].

Как показывает опыт эксплуатации гидроприводов лесных машин, ресурс и надежность их находятся на низком уровне. Актуальность проблемы повышения надежности лесных машин велика, а сама проблема многогранна, поэтому решение задач в рассматриваемой области, пригодных для прак-

тического использования, представляет значительный интерес.

Средством повышения качества и эффективности обслуживания, ремонта и эксплуатации гидропривода является техническая диагностика. Она повышает культуру технической эксплуатации гидропривода, его надежность, обеспечивает достоверное прогнозирование остаточного ресурса, что важно для нормальной эксплуатации машин и планирования их работ [2].

Выводы

1. Предложенный способ диагностирования РВД с помощью описанного стенда дает представление о техническом состоянии и остаточном ресурсе РВД.

2. Выход из строя рукавов высокого давления приводит к большим потерям рабочей жидкости и снижению производительности машины в результате простоев, поэтому для своевременного выявления нарушений необходимо регулярно проводить диагностирование.

Библиографический список

1. Павлов, А.И. Надежность гидроприводов лесосечных машин: научное издание / А.И. Павлов, Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 212 с.
2. Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592с.
3. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.В. Алексеева, В.Д. Бабанская, Т.М. Башта и др.; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение. 1989. – 264 с.

О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

В.С. СУХАНОВ, ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», д-р техн. наук

gncpkte@yandex.ru

Действующая Стратегия в кратком изложении

Приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 31 октября 2008 г. № 248/482 утверждена Стратегия развития лесного комплекса России на период до 2020 г. Прошло 3 года. Какие успехи были достигнуты в ее реализации?

Анализ касается только вопросов лесопромышленного комплекса. Однако тот факт, что перспективы развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса сведены в единый документ, утвержденный двумя ведомствами, вселяет некоторый оптимизм. Специалисты лесопромышленного комплекса еще в советский период считали, что наличие двух ведомств, часто проводящих противоречивую политику, является вредным для экономики страны, российского леса и целесообразно иметь единый орган управления. К сожалению, этот вопрос не решен и поныне.

Стратегия определяет место и роль лесного комплекса в экономике Российской Федерации, дает его общую характеристику. Констан-

тируется, что в стране, обладающей четвертью мировых запасов леса, доля лесного комплекса в ВВП составила в 2007 г. 1,3 %, в экспорте – 3,2 %. Динамика объемов производства основных видов продукции лесного комплекса в период с 1999 по 2007 гг. свидетельствует о снижении объемов производства всех видов лесобумажной продукции, кроме фанеры и древесноволокнистых плит. Наибольшее падение объемов производства произошло в двух отраслях – в лесопилении на 69,1 % и заготовке древесины на 32,9 %. Экспорт и импорт лесобумажной продукции в 2007 г. составил соответственно 12,6 и 7,7 млрд долл. США. Отмечен рост экспорта необработанного круглого леса, который вырос с 20,0 млн м³ в 1998 г. до 49,3 млн м³ в 2007 г. Все это происходило на фоне динамичного развития мирового рынка лесобумажной продукции, товарооборот которого за тот же период времени увеличился в 1,5 раза.

Системной проблемой развития лесопромышленного комплекса определено недостаточное развитие мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесного сырья.

Цели стратегического развития лесопромышленного комплекса – удовлетворение потребностей внутреннего рынка в высококачественной и конкурентоспособной лесобумажной продукции отечественного производства, снижение доли импортируемой продукции, повышение вклада комплекса в социально-экономическое развитие регионов страны.

Для достижения этих целей поставлены следующие *задачи*: повышение уровня глубокой химической, механической и энергетической переработки древесного сырья, совершенствование структуры и рост объемов лесопромышленного производства, увеличение доли лесобумажной продукции на экспортных рынках, увеличение выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью, развитие инфраструктуры в регионах реализации приоритетных инвестиционных проектов и освоения новых лесных массивов, снижение энергоемкости производства и развитие производства биотоплива, снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Приоритетным направлением развития ЛПК признано развитие мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесины.

Стратегия предусматривает два сценария развития – инерционный и инновационный.

Инерционный сценарий базируется на сохранении существующих тенденций развития лесного комплекса и отсутствии дополнительных целевых мер государственной поддержки. Сценарий предполагает финансирование проектов за счет собственных средств и привлеченных средств инвесторов. Развитие ЛПК прогнозируется преимущественно за счет реализации новых проектов в лесопильно-деревообрабатывающей и древесно-плитной промышленности.

Инновационный сценарий предусматривает *целевые меры государственной поддержки* лесного комплекса в дополнение к общим механизмам, закрепленным в действующем законодательстве. Данный сценарий предполагает ускорение инвестиционного процесса, в первую очередь *в новое строительство целлюлозно-бумажных пред-*

приятий (8-10 ЦБК), масштабную модернизацию действующих производств, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, существенный рост производительности труда, возрастание инновационной активности, освоение производства новой высокотехнологичной продукции, масштабное развитие деревянного домостроения, восстановление отечественного лесного машиностроения. Инновационный сценарий предполагается осуществить при условии, если МЭРТ России обеспечит *«максимальный вариант развития экономики до 2020 г.»*

Прогнозируемый рост объемов производства к 2020 г. при реализации инновационного сценария по отношению к инерционному составляет 43 % по деловой древесине, 72 % по производству пиломатериалов, 76 и 84 % соответственно по производству ДСП и ДВП, 59 и 66 % соответственно по производству целлюлозы по варке и бумаге с картоном.

В Стратегии приводится потребность в инвестициях на период 2008–2020гг. По *инерционному сценарию* развития лесного комплекса потребность в инвестициях составляет 669,4 млрд руб. (в ценах 2007г.) и на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – 2,0 млрд руб.

По инновационному сценарию потребность в инвестициях составит 1223,2 млрд руб. (в ценах 2007г.), в том числе в целлюлозно-бумажную промышленность 634,6 млрд руб. и на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – 9,5 млрд руб.

В качестве результатов реализации Стратегии за период до 2020 г. по инновационному сценарию предусмотрено увеличение объема отгруженной лесобумажной продукции в 4,7 раза, увеличение налоговых поступлений в бюджет в 5,7 раза, рост производительности труда в 4,9 раза, увеличение душевого потребления бумаги и картона в 2,3 раза.

В чем же суть Стратегии?

Инерционный и инвестиционный сценарии предусматривают один и тот же механизм финансирования реализации Стратегии: собственные и привлеченные средства отечественных коммерческих структур и зарубежных

инвесторов, собственные средства лесопромышленных предприятий: прибыль и амортизационные отчисления, средства от эмиссии акций». Кроме того «...инновационный сценарий предусматривает целевые меры государственной поддержки лесного комплекса в дополнение к общим механизмам, закрепленным в действующем законодательстве». По приоритетным инвестиционным проектам по освоению лесов и созданию лесоперерабатывающей инфраструктуры финансирование предусматривается с привлечением бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда и Банка развития в соответствии с Лесным кодексом и постановлениями Правительства Российской Федерации от 30.06.2007 №419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов» и от 01.03.2008 № 134 «Об утверждении Правил формирования и использования бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации».

Если принять во внимание, что постановления Правительства Российской Федерации были приняты еще до утверждения Стратегии, в чем должна заключаться государственная поддержка в дополнение к уже принятым мерам – в Стратегии не приводится. Единственной мерой Правительства по поддержке инновационного сценария записано увеличение финансирования из федерального бюджета научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с 2,0 млрд руб. до 9,5 млрд руб.

Значит, вся надежда на то, что МЭРТ обеспечит «... максимальный вариант развития экономики до 2020 г.», а также на увеличение финансирования лесной науки.

О роли стратега в реализации Стратегии

В соответствии с классическим определением «...стратегия дает знания о стратегических действиях в тех или иных ситуациях. Но реализация знаний требует наличия стратега (полководца, политического деятеля), обладающего, помимо знаний о стратегии, личностными качествами стратега. Невозможно стать стратегом просто прочитав книги о стратегии и нельзя заниматься стратегией академично.

Стратегия относится к области практической деятельности и проявляется только в практической деятельности. Поэтому о стратегии говорят как об искусстве, в котором стратегия как знание является в роли инструмента, а стратег в роли творца. Личность и искусство стратега являются важными, порой главными элементами стратегии» (Википедия).

Как видим, вопрос о стратеге – отнюдь не праздный вопрос. Специалисты ЛПК помнят, как несколько лет назад на одном из выездных совещаний вопрос коснулся лесопромышленного комплекса страны и глава государства грозно спросил у стоящих рядом чиновников: «Кто у нас занимается лесопромышленным комплексом?!». Ответа не последовало.

С учетом значимости лесопромышленного комплекса как для экономики страны, людей, работающих в ЛПК, так и экологического состояния лесов России – «легких планеты», развитию этой отрасли всегда уделялось большое внимание. Его возглавлял Министр лесной промышленности – член Правительства.

«Полководец», безусловно, должен быть членом Правительства. Вероятно с тем, чтобы как-то закрыть этот пробел, 18 декабря 2007 г. при Правительстве был образован Совет по развитию лесного комплекса. Председатель Совета – Первый вице-премьер Правительства РФ Виктор Алексеевич Зубков. Совет – постоянно действующий совещательный орган, образованный в целях разработки предложений, связанных с реализацией государственной политики в области развития лесопромышленного комплекса. К задачам совета относятся, в частности, рассмотрение и подготовка предложений рекомендательного характера о привлечении инвестиций, повышении конкурентоспособности продукции глубокой переработки древесины, качественном изменении структуры экспорта лесобумажной продукции. Членами Совета являются авторитетные представители лесопромышленников и лесной науки.

Каждый день практической деятельностью в области лесопромышленного комплекса занимается директор Департамента лесной и легкой промышленности Минпромторга России. Следовательно, он и является

«Полководцем» ЛПК, воюющим на два фронта. Роль почетная. Но имеет ли «Полководец» и его «штаб» в два десятка человек достаточно полномочий и возможностей полноценно выполнять высокие обязанности?! Ответ очевиден. Ни о какой единой научно-технической политике в ЛПК и ее реализации в такой ситуации говорить не приходится.

Как уже отмечалось, специалисты лесопромышленного комплекса еще в советский период считали, что наличие двух ведомств, часто проводящих противоречивую политику, является вредным для экономики страны. В советский период мощное Министерство лесной промышленности еще могло противостоять мерам Рослесхоза, которые могли снизить эффективность лесозаготовки. В настоящее время Рослесхоз «побеждает» всегда. Одной из таких «побед» является ужесточение Рослесхозом начиная с 1994 г. прежде действовавших не одно десятилетие *Правил заготовки древесины*. Максимальный размер лесосек был сокращен в 4 раза, с 200 га до 50 га. Минимальные сроки примыкания лесосек увеличены в два раза. Эти изменения повлекли увеличение потребности в лесовозных дорогах в 2,7 раза, а в лесовозных усах – в 3 раза. В результате этих мер, которые усугубились в связи с глобальным потеплением климата, сократившим возможность использования зимних дорог, лесозаготовительная промышленность в значительной степени парализована, что сказалось на работе всего лесопромышленного комплекса.

Ужесточение *Правил заготовки древесины* было проведено в период, когда в России резко сократились объемы лесозаготовок и расчетная лесосека осваивалась примерно на 20 %, а поля зарастали лесом. Ужесточение было проведено без каких-либо экономических и экологических обоснований, научных исследований, подтверждающих необходимость изменения *Правил*. Этот вывод подтверждается практикой лесозаготовки в Канаде, где разрешены сплошные рубки на лесосеках площадью до 100 га, а при наличии разрешения органов управления лесным хозяйством сплошные рубки допускаются на площади более 100 га. Негативные последствия изменения *Правил*

будут сказываться и через столетия, поскольку в результате их применения леса превращаются в лоскутное одеяло, не позволяющее быстро устранить эту «ошибку» и в будущем.

О ходе реализации задач действующей Стратегии

Со времени утверждения Стратегии прошло уже более трех лет. Как идут дела по претворению в жизнь поставленных ею задач?

Развитие ЛПК идет по инерционному сценарию, поскольку строительство ни одного целлюлозно-бумажного комбината не предусматривается. Как записано в Стратегии, при реализации инерционного сценария *«... лесной комплекс будет не способен функционировать в режиме интенсивного расширенного воспроизводства, превратится в поставщика на мировой рынок лесобумажной продукции с низкой степенью передела и усилением импортной зависимости по большой группе лесобумажных товаров, резким ухудшением состояния лесного фонда, снижением конкурентоспособности отечественной лесобумажной продукции и снижением уровня жизни населения»*. Что и происходит. По-прежнему убыточной остается лесозаготовительная промышленность. Снизилось общее количество прибыльных предприятий. Импорт лесобумажной продукции в 2011 г. за счет импорта бумаги и картона увеличился по сравнению с 2010 г. почти в 2 раза. Среднемесячная заработная плата работников ЛПК в 2011 г. по сравнению с прошлым годом, хоть и увеличилась, но по сравнению со средней зарплатой по Российской Федерации ниже на 20 – 40 %. Уменьшилась среднесписочная численность работников лесопромышленного комплекса. Финансирование науки ЛПК осталось на прежнем, крайне низком уровне.

Очевидно, что Стратегия требует коренной переработки.

Предлагаемый для обсуждения вариант основных положений Стратегии развития ЛПК

Основная задача ЛПК – развитие глубокой переработки древесины – сомнений не вызывает.

Структура затрат на производство основных видов лесобумажной продукции

| Виды продукции | Распределение затрат, % | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------|--------------|------------------|----------------------------|----------------|
| | Сырье у потребителя | Топливо и энергия | Материалы | Оплата труда | Социальная сфера | Амортизационные отчисления | Прочие затраты |
| Пиломатериалы | 33,1 | 11,3 | 5,4 | 17,9 | 6,6 | 6,3 | 19,4 |
| Фанера клееная | 35,3 | 12,5 | 10,0 | 17,3 | 6,3 | 4,1 | 14,6 |
| ДВП, ДСП | 26,2 | 16,0 | 13,2 | 17,3 | 6,4 | 6,3 | 14,6 |
| Дома стандартные | 24,1 | 17,7 | 9,2 | 19,6 | 7,2 | 6,6 | 15,6 |
| Мебель | 24,9 | 9,0 | 22,9 | 16,7 | 6,0 | 3,8 | 16,7 |
| Целлюлозно-бумажная промышленность | 25,8 | 19,4 | 14,6 | 10,4 | 3,9 | 6,9 | 19,0 |

Концентрация сил на важнейшем направлении – очевидное условие успешной реализации Стратегии. Правильно ли выбрано стратегически важное направление на современном этапе развития ЛПК?

Решить задачу грамотного выбора направления концентрации сил и средств помогает анализ калькуляций себестоимости основных видов лесобумажной продукции. Усилия предлагается сосредоточить на снижении тех статей затрат, которые окажут наибольшее влияние на все отрасли ЛПК.

Калькуляция себестоимости производства включает следующие статьи: сырье и материалы; топливо и энергия; оплата труда; социальная сфера; амортизационные отчисления; прочие затраты.

Самой крупной статьёй затрат при производстве всех видов лесобумажной продукции является статья «сырье и материалы». Однако цели нашего исследования эта статья не удовлетворяет, поскольку материалы в каждой отрасли разные и достичь сосредоточения средств на этом направлении не удастся. С привлечением экспертов по каждой из рассматриваемых отраслей затраты на материалы были выделены в отдельную статью. Полученные в результате выполнения этой работы данные по структуре затрат на производство основных видов лесобумажной продукции приведены в таблице.

Анализ статей затрат, приведенных в таблице, показывает, что самыми крупными из них, снижение которых положительно скажется на эффективности работы всех отраслей ЛПК, являются затраты на сырье, а также

топливо и энергию. Что касается других статей затрат, то их снижение не отвечает целям концентрации средств: «прочие затраты», так же как и «материалы», у каждой отрасли различные. Снижать «амортизационные отчисления» нельзя, поскольку они идут на реновацию оборудования. Затраты «оплата труда» и «социальная сфера» в наших условиях следует не снижать, а увеличивать.

Итак, мы пришли к выводу, что для повышения конкурентоспособности рассматриваемых видов продукции силы и средства необходимо сосредоточить на снижении затрат на «древесное сырье», а также «топливо и энергию». При этом следует принять во внимание, что затраты на древесное сырье включают также затраты на поставку сырья потребителям (на перерабатывающие производства), а основными видами энергоресурсов, которые используют деревообрабатывающие предприятия, являются тепловая и электрическая энергия. Как видим, суммарная величина этих затрат для рассматриваемых отраслей является самой большой и находится в диапазоне 40 – 45 % общих затрат. Очевидно, что снижение этих затрат благоприятно скажется на работе всех деревообрабатывающих отраслей ЛПК.

Следует также отметить, что затраты на древесное сырье и энергетические затраты взаимоувязаны. Действительно, если древесные отходы, достигающие 50 % объема сырья, подлежащего обработке, не используются, стоимость сырья в полном объеме ложится на себестоимость продукции деревообработки. То же самое происходит при от-

сутствии эффективного способа использования дровяной древесины. В настоящее время дрова продаются по ценам в 3–3,5 раза более низким, чем себестоимость их производства. Убытки от реализации дров предприятия вынуждены покрывать за счет повышения цен на деловую древесину.

Известно, что тепловая и электрическая энергия, вырабатываемая на предприятиях ЛПК на собственных тепловых электростанциях с использованием древесного топлива в 2 – 3 раза ниже действующих тарифов на эти виды энергии. В том случае, если древесные отходы и дрова используются для выработки такой наукоемкой продукции, каковыми являются тепловая и электрическая энергия, имеется полная возможность отнести вышеуказанные затраты на себестоимость производства древесного топлива, что позволяет снизить затраты на древесное сырье в себестоимости лесобумажной продукции.

Итак, для повышения эффективности работы лесопромышленного комплекса и успешного развития глубокой переработки древесины ***основное внимание и средства должны быть сосредоточены на снижении затрат на древесное сырье, которое возможно лишь при коренной модернизации и реструктуризации лесной промышленности, а также на организацию производства тепловой и электрической энергии с использованием древесного топлива.*** Именно на решение этих конкретных задач должны быть направлена поддержка государства.

Анализ работы лесопромышленного комплекса подтверждает этот вывод. В настоящее время самым серьезным препятствием в развитии глубокой переработки древесины являются высокие цены на круглые лесоматериалы. Рост цен произошел из-за их дефицита на рынке вследствие неудовлетворительной работы лесозаготовительной промышленности. Из-за высоких цен на круглые лесоматериалы лесопиление – основа деревообрабатывающей промышленности – стало нерентабельным. Крупные предприятия ЛПК сокращают объемы лесопиления, осуществляют консервацию лесопильных производств. Снижается конкурентоспособность

продукции и экономические условия развития всех отраслей ЛПК. Ставится под угрозу развитие глубокой переработки древесины, поскольку, как уже отмечалось, в структуре себестоимости производства лесобумажной продукции затраты на древесное сырье – самая большая статья затрат.

С учетом изложенного в условиях наступающего мирового экономического кризиса особое внимание при корректировке основных положений Стратегии следует обратить на развитие лесозаготовительной промышленности. Модернизация и строительство новых современных лесозаготовительных предприятий экономически более доступны, чем крупных целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятий, поскольку лесная промышленность менее капиталоемкая, а окупаемость затрат более быстрая. Снижаются риски инвесторов. Снижение затрат на древесное сырье окажет положительное влияние на все отрасли лесопромышленного комплекса.

При модернизации лесозаготовительной промышленности следует решить следующие основные задачи.

Самой серьезной проблемой лесозаготовительной промышленности является ее дезинтеграция. По далеко не полным данным число предприятий и предпринимателей, занимающихся заготовкой древесины, превышает 5,5 тысяч. Подавляющее большинство лесозаготовительных предприятий (76 % их общего количества) составляют предприятия с объемом лесозаготовок до 10 тыс. м³ в год. Леспромхозы с годовым объемом заготовки древесины более 50,0 тыс. м³ составляют лишь 7 % их общего количества. Среднегодовой объем заготовки древесины предприятием в отрасли составляет 15 тыс. м³. Доля годового объема древесины, заготавливаемой мелкими предприятиями с объемом заготовки до 50 тыс. м³, в год составляет около 34 %. Лишь 7 % общего количества лесозаготовительных предприятий способны строить лесовозные дороги. Повысить эффективность работы мелких предприятий практически невозможно, поскольку они не могут строить лесовозные дороги, осуществлять глубокую

переработку древесины, использовать древесные отходы.

Стратегия развития лесного комплекса должна предусматривать комплекс мер по реструктуризации лесной промышленности.

Другой проблемой является нестабильная работа лесозаготовительной промышленности в течение года вследствие глобального потепления климата.

Сезонность лесозаготовок – хроническая болезнь лесозаготовительной промышленности. В России лишь 7 % лесной территории позволяет работать в лесу вне зависимости от погодных условий. Грунты III категории (глинистые почвы, супеси с глинистыми прослойками), которые имеют повышенную влажность в течение всего теплого периода года и грунты IV категории (торфянисто-болотистые, перегнойно-глебовые почвы) – особо неблагоприятные для лесопользования, составляют 57 % общей площади лесов. В течение нескольких десятилетий сезонность имела следующий характер: 71 % годового объема древесины заготавливалось за 5 зимних месяцев – с ноября по март включительно, остальные 29 % – за 7 месяцев. Такой режим работы прежде был возможен только потому, что зимой в лесу не «тонули» тракторы, зима строила лесовозные дороги, а государство выделяло дешевые кредиты под межсезонные запасы древесины. В настоящее время ситуация значительно обострилась в связи с глобальным потеплением климата. Зима перестала быть стабильной. Зимний период страны сократился на 20 % и составляет в европейской части 4 месяца. Среднемесячный за последние 6 лет объем лесозаготовок, например в Вологодской области, выглядит следующим образом: январь – 10,5 %, февраль – 12,6 %, март – 14,3 %, апрель – 7,3 %, май – 3,4 %, июнь – 5,8 %, август – 6,1 %, сентябрь – 6,1 %, октябрь – 7,3 %, ноябрь – 7,0 %, декабрь – 13,4 %.

Такой режим работы лесозаготовительной промышленности требует для выполнения годовых объемов производства в 2 раза больше лесозаготовительной техники, чем при ритмичной в течение года работе. Все отрасли ЛПК должны создавать запасы

древесины, на что требуются кредитные ресурсы. В процессе хранения происходит снижение качества сырья.

Стратегия должна предусматривать комплекс мер по снижению зависимости работы лесной промышленности от природных условий.

В лесозаготовительной промышленности наблюдается экономически не обоснованная замена доминирующей в стране в течение нескольких десятилетий хлыстовой технологии лесозаготовок сортиментной. Между тем сортиментная технология мало эффективна в условиях России, эксплуатирующей леса, не пройденные рубками ухода. Об этом свидетельствует как опыт передовых отечественных предприятий, так и опыт таких лесоиндустриально развитых стран, как Канада и США, также работающих в лесах, не пройденных рубками ухода. Как свидетельствует опыт этих стран, хлыстовая технология лесозаготовок имеет широкие возможности совершенствования. Однако в нашей стране научные исследования и разработки, направленные на совершенствование технологий лесозаготовок, наиболее эффективных для условий России, не проводятся. Лесопромышленный комплекс не получает научно обоснованных рекомендаций по развитию лесозаготовительной промышленности и соответствующего оборудования, что негативно сказывается на развитии ЛПК. Расчеты, выполненные для условий Вологодской области, показывают, что экономия только на капитальных затратах при использовании хлыстовой технологии по сравнению с сортиментной для планируемого областью увеличения объема заготовки древесины на период до 2020 г. на 5,6 млн м³ составляет 3,4 млрд руб.

Стратегия должна предусматривать комплекс мер по совершенствованию доминирующей в стране технологии лесозаготовок.

Анализ показывает, что экономически наиболее доступным на современном этапе развития ЛПК является развитие глубокой переработки непосредственно в лесозаготовительных предприятиях. Лесозаготовительные предприятия имеют следующие пре-

имущества в области деревообработки перед деревообрабатывающими предприятиями, работающими на покупном сырье:

- минимальное расстояние перевозки древесины на переработку, равное расстоянию вывозки древесины с лесосек;

- древесное сырье по себестоимости его заготовки, которая в настоящее время в 2 – 2,5 раза ниже рыночных цен;

- возможность использования на месте всей низкокачественной древесины и древесных отходов для выработки собственной тепловой и электрической энергии, которая в 1,5 – 2 раза дешевле покупной (более 70 % ресурсов древесного топлива образуются на лесозаготовительных предприятиях);

- решение социальных проблем лесозаготовительных предприятий, часто являющихся градообразующими, за счет организации рабочих мест по переработке древесины для вторых членов семей. Повышение престижности лесных профессий;

- развитие внутреннего рынка лесобумажной продукции. Увеличение поступления налогов в местные бюджеты, вывод поселков лесозаготовителей из числа депрессивных.

Стратегия должна предусматривать комплекс мер, направленных на обоснование направлений развития деревообрабатывающих производств в лесозаготовительных предприятиях, полное использование древесных отходов.

Лесопромышленный комплекс – энергоемкое хозяйство, обладающее собственными крупными энергетическими ресурсами – древесным топливом. Расчеты показывают, что собственная тепловая и электрическая энергия, вырабатываемая с использованием древесного топлива, в 2 – 3 раза дешевле покупной (действующих тарифов). Расчеты подтверждает практический опыт эксплуатации тепловых электростанций на древесном топливе на ООО «Харовсклеспром» и фанерном комбинате «Новатор» в Вологодской области, где себестоимость производства электрической энергии составляют 0,8 – 1,6 руб./кВтч. Использование собственной тепловой и электрической энергии способно существенно повысить конкурентоспособность продукции

глубокой переработки древесины. Особое значение имеет развитие энергетики на древесном топливе в лесной промышленности, поскольку более 70 % древесного топлива образуются на предприятиях лесозаготовительной промышленности, из них основной ресурс – дровяная древесина.

Стратегия должна предусматривать комплекс мер по развитию энергетики на древесном топливе.

С целью ускорения реструктуризации и модернизации лесозаготовительной промышленности, привлечения в нее инвестиций *Стратегия должна предусматривать реализацию на условиях частно-государственного партнерства нескольких пилотных проектов высокоэффективных лесозаготовительных предприятий XXI века в различных природно-климатических зонах страны как примеров для тиражирования.* Реализация этих проектов должна показать инвесторам их высокую эффективность и быструю окупаемость капитальных затрат. *Участие государства в финансировании пилотных проектов с целью снижения риска инвесторов при внедрении инноваций будет действенной мерой государственной поддержки развития ЛПК.*

С учетом изложенного необходимо включить в новую редакцию Стратегии **реализацию инновационного проекта. «Разработать и реализовать инновационный проект комплексного энергетически независимого лесопромышленного предприятия, осуществляющего воспроизводство, уход и охрану леса, эффективную заготовку и глубокую переработку заготавливаемой древесины с максимально полным использованием древесной биомассы».**

В рамках проекта предлагается реализовать следующие НИОКР:

1. Разработка и экономическое обоснование технологической структуры лесопромышленного предприятия, повышающей производительность заготовки и первичной обработки древесины в 1,5 – 2 раза, обеспечивающей полное использование низкокачественной древесины и древесных отходов с выработкой продукции с высокой добавленной стоимостью в условиях работы в пе-

рестойных лесах с преобладанием лиственной древесины и слабых переувлажненных грунтов. Оценка социально-экономического эффекта реструктуризации и модернизации лесозаготовительной промышленности для ЛПК России.

2. Устранение зависимости лесозаготовительных работ от природных условий.

2.1. Разработка ресурсосберегающей технологии и оборудования для заготовки древесины на лесосеках со слабыми переувлажненными грунтами, устраняющих сезонный характер лесосечных работ.

2.2. Разработка технологии, оборудования и механизма финансирования строительства экономически доступных для лесозаготовительных предприятий лесовозных дорог с твердым покрытием.

3. Разработка технологии и оборудования для первичной обработки древесины, повышающей эффективность в 1,5 – 2 раза.

3.1. Разработка ресурсосберегающей технологии и оборудования, обеспечивающих повышение эффективности первичной обработки низкокачественной (дровяной) древесины.

3.2. Разработка безотходной инновационной технологии и оборудования, обеспечивающих повышение производительность труда в 1,5 – 2 раза на первичной обработке тонкомерных деревьев.

4. Разработка гибкой технологии производства пиломатериалов на отечественном оборудовании для условий лесозаготовительного предприятия, позволяющей без переналадки эффективно перерабатывать качественное хвойное сырье и лиственные лесоматериалы с пороками. Разработка эффективных технологий деревянного домостроения.

5. Разработка инновационной технологии и оборудования по переводу лесозаготовительных и других предприятий ЛПК на собственные, в 2 – 3 раза более дешевые, чем покупные, источники тепловой и электрической энергии.

5.1. Разработка технологии и конкурентоспособного на мировом рынке модульного топочного устройства для сжигания

измельченного древесного топлива высокой влажности для паровых котлов тепловых электростанций.

5.2. Разработка конкурентоспособного на мировом рынке парового котла с модульным топочным устройством для сжигания измельченного древесного топлива высокой влажности для тепловых электростанций.

5.3. Разработка автоматизированного склада измельченного древесного топлива с системой топливоподачи.

5.4. Реализация пилотного проекта автоматизированной тепловой электростанции на древесном топливе на принципах частногосударственного партнерства.

6. Разработка научно обоснованных правил заготовки древесины, обеспечивающих баланс экологических и технико-экономических требований лесоводства и лесозаготовки.

7. Реализация ряда пилотных проектов по строительству инновационных лесозаготовительных предприятий в различных природно-климатических зонах страны.

Перечень НИОКР, подлежащих приоритетному финансированию, целесообразно включить в новую редакцию Стратегии. Выполнение указанных выше работ позволит реализовать инновационные проекты по созданию лесозаготовительных предприятий XXI века, как примеры для тиражирования, в кратчайшие сроки.

Для условий преодоления негативных последствий мирового экономического кризиса актуальным является проект **«Совершенствование технологических процессов бирж сырья целлюлозно-бумажных, деревообрабатывающих комбинатов и древесноплитных заводов»**. Выполнение этого проекта позволит существенно повысить конкурентоспособность продукции этих предприятий при минимальных затратах. Мы имеем существенный задел в решении этого вопроса.

Экономическую эффективность работы как лесной, так и деревообрабатывающих отраслей ЛПК снижает использование дорогостоящего импортного оборудования. Без государственной поддержки возродить

отечественное лесное машиностроение проблематично. Поэтому *Стратегия должна предусматривать комплекс мер по восстановлению лесного машиностроения.*

Практика работы лесного комплекса в соответствии с действующим Лесным кодексом выявила многочисленные недостатки этого документа и справедливую критику со стороны специалистов и общественности.

Стратегия должна предусмотреть гармонизацию требований Лесного кодекса как с точки зрения лесоводства, так и лесоэксплуатации.

Изложенные соображения предлагается учесть при корректировке основных положений Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. в условиях преодоления негативных последствий мирового экономического кризиса.

На основе новой редакции Стратегии должна быть разработана Государственная программа развития лесопромышленного комплекса России на период до 2020 г.

Заключение

1. Практика работы показывает, что современная парадигма развития лесного

комплекса России имеет серьезные изъяны. Действующая Стратегия развития лесного комплекса на период до 2020 г. в части, относящейся к лесопромышленному комплексу, требует коренной переработки.

2. Для реализации Стратегии развития лесного комплекса, коренного повышения эффективности работы лесного комплекса, увеличения его вклада в ВВП страны, создания достойного уровня жизни граждан страны, занятых в лесном комплексе, и повышения экологической роли лесов России, целесообразно создать единый государственный орган управления лесным комплексом;

3. Стратегия развития лесного комплекса должна стать основой для разработки Государственной программы развития лесного комплекса России. Программа должна предусматривать, в качестве основных, меры государственной поддержки лесного хозяйства, модернизации и реструктуризации лесозаготовительной промышленности, восстановления лесного машиностроения, а также возрождения «лесной» науки, повышения ее роли до уровня задач, которые предстоит решать стране, владеющей четвертью мировых запасов леса.

ЛЕСОИНЖЕНЕР: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

А.Н. ОБЛИВИН, президент МГУЛ, проф., д-р техн. наук, академик РАЕН,

М.А. БЫКОВСКИЙ, доц., декан лесопромышленного факультета МГУЛ, канд. техн. наук,

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

А.А. КАМУСИН, проф. каф. транспорта леса МГУЛ, д-р техн. наук, академик РАЕН

bykovskiy@mgul.ac.ru

В конце января – начале февраля текущего года прошла традиционная ежегодная научно-техническая конференция МГУЛ. Особенностью этой конференции было расширенное участие ученых, преподавателей и производственников на секции лесопромышленного факультета МГУЛ, связанное не только с рассмотрением научных докладов, но и с 90-летием открытия подготовки специалистов лесоинженерного профиля (лесоинженеров) в бывшем Московском лесотехническом институте (ныне МГУЛ). И естественно, в

выступлениях оценивался не только вклад МЛТИ и других вузов в подготовку таких специалистов, но, главным образом, роль лесоинженера в лесном комплексе – в развитии технологии, механизации лесозаготовительного производства.

Оживил воспоминание присутствующих показ документального фильма «История развития лесной промышленности в советский период» начиная с 1917 г. до конца 1980 гг. Этот фильм был подготовлен бывшим институтом ВНИПИЭИ лесной промышлен-

ности, сохранен и переведен в цифровой вариант в МГУЛ.

В работе секции приняли участие более 80 человек: ученые и преподаватели 10 вузов, ведущие специалисты 6 отечественных и зарубежных организаций.

Участники положительно оценили своевременность и актуальность рассматриваемой проблемы и необходимость дальнейшего совершенствования качества подготовки с учетом перехода на двухуровневый вариант и требований работодателей.

В настоящее время состояние Российской лесозаготовительной отрасли существенно усложнилось:

- в 2,5...3,0 раза снизился объем лесозаготовок; мощность лесозаготовительных предприятий (ЛЗП) резко упала;

- значительный объем древесины заготавливается «самозаготовителями» по отсталой технологии и на устаревшей технике;

- расчетная лесосека используется не более чем на 30 %. Главная причина этого – отсутствие дорог в многолесных регионах. Поэтому значительный вес приобретает заготовка в урбанизированных лесах, как правило, имеющих достаточную транспортную сеть и близость потребителей. Катастрофически пострадало лесное машиностроение РФ, и лесозаготовительные предприятия (имеющие финансовые средства) стали закупать зарубежную технику (как правило, бывшую в употреблении). Больше половины ЛЗП, обычно малой мощности, оказались экономически убыточными.

Были еще раз отмечены трудности работы лесоинженеров на лесозаготовительных предприятиях:

- как правило, удаленность от крупных городов;

- не всегда надежная транспортная связь с ними;

- зависимость выполнения многих операций от погодных и сезонных условий;

- необходимость учитывать лесохозяйственные и экологические требования, с одной стороны, и потребности потребителей – с другой, причем, найти компромисс выдвигаемым условиям этих сторон проблематично;

- необходимость обеспечения приемлемых жилищно-бытовых условий и трудоустройства жителям лесного поселка.

Вместе с тем, важность лесозаготовительного производства трудно переоценить: без добычи древесного сырья не было бы лесоперерабатывающей промышленности, снабжения населения товарами народного потребления. Неслучайно одними из главных вопросов, обсуждаемыми на коллегиях Минлеспрома СССР, были: сколько заготовлено и сколько вывезено?

Подготовка лесоинженеров шла интенсивно и выполнялась многими вузами лесотехнического профиля: ЛЛТА, МЛТИ, АЛТИ, УЛТИ, СибТИ, ВЛТИ, ПЛТИ (названия прежние) и ведется рядом других вузов. И навсегда останутся в памяти здравствующих выпускников имена учителей не только Московского лесотехнического института, которые стояли у истоков подготовки лесоинженеров: А.Н. Сулимова, И.И. Сиротова, Ю.В. Шелгунова, Г.А. Вильке, П.П. Пациоры, Б.А. Таубера, Б.И. Кувалдина, Б.Д. Ионов, К.М. Ашкенази, Б.Г. Залегаллера, В.Г. Кочегарова, П.В. Ласточкина, С.И. Рахманова, Ю.Я. Дмитриева и многих других. Их труды были не напрасны: выпускники «Лесоинженерного дела» были, а многие и в настоящее время работают, ведущими специалистами предприятий, НИИ, КБ и проектных институтов, учеными российского и мирового уровня, руководителями различного уровня вплоть до министров и их заместителей. И это не случайно. Потому что подготовка и широкий уровень знаний (несомненно, и личностные качества) давали возможность для продвижения. Именно из инженерного корпуса технологов и механиков, знающих производство, шло пополнение руководящих кадров. Широкий спектр деятельности требовал широкой сферы подготовки специалиста: фундаментальной, общетехнической, лесохозяйственной, лесоперерабатывающей и специальной. Требует знаний не только технология и организация производства, но и оборудования, особенно для малых предприятий, где экономически неподъемно содержать большое количество узкоспециализированных инженеров.



Рисунок

Невозможно строить перспективу для «одноразовых» фирм и готовить для них кадры. Также бесперспективно разрабатывать технологии и средства механизации для предприятий с объемами заготовки древесины до 5–10 тыс. м³ в год. Возможно, такие разработки были бы эффективны при объединении таких предприятий или работе на субподряде. Поэтому наши предложения относятся к устойчивым ЛЗП как по мощности, так и достаточности лесосырьевой базы при постоянном лесопользовании. В советский период такой мощностью обладали леспромхозы в среднем не менее 150–200 тыс. м³ заготовки в год. Времена и экономика меняются. Современное ЛЗП при обеспечении комплексного использования древесного и недровесного сырья и наличии потребителей, на наш взгляд, может

эффективно функционировать при мощности не менее 30–50 тыс. м³ в год в зависимости от региона.

Отчасти это проясняется, если рассмотреть функции современного лесозаготовительного предприятия (ЛЗП), вариант структуры которого представлен на рисунке. В соответствии с действующим лесным кодексом лесопользователь должен не только заготавливать древесное сырье, но и заниматься лесовосстановлением, т.е. фактически ЛЗП становится комплексным лесным предприятием (КЛП), в свое время «успешно» сформированным.

В связи с переходом на рыночную экономику и приватизацией ЛЗП возрастает роль нижних лесопромышленных складов и лесообрабатывающих (деревянообрабатываю-

щих) цехов, размещаемых обычно рядом с поселком.

Благодаря производству и реализации обработанных лесоматериалов предприятие обеспечивает свое финансовое благополучие. И не только это. ЛЗП обеспечивает трудоустройство и, прежде всего, женщин. В советское время, когда лесобработка не считалась одной из главных функций ЛЗП, а требовалась своевременная заготовка и поставка потребителям круглого леса, некоторые передовые леспромхозы оказались на грани развала. И главная причина была в том, что при полной механизации лесозаготовок за рычагами лесосечных и лесотранспортных машин и кранов, естественно, сидели операторы мужского рода, а женщины, как правило, были лишены возможности трудоустройства рядом с домом.

Поэтому роль лесобработывающих цехов не только финансово-экономическая, но и социальная – трудоустройство, прежде всего, женщин. И термин нижний лесопромышленный склад не соответствует его сегодняшнему и перспективному назначению. Более правильное его название – лесобработывающий завод, который имеет в своей структуре основные технологические линии, на которых вырабатываются сортименты (при вывозке хлыстов), лесобработывающие цехи, склады древесного сырья и лесопroduкции.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что при непрерывном удорожании невозстановливаемых источников энергетического сырья (нефти, угля, газа) на передний план выдвигаются восстанавливаемые источники топлива растительного происхождения. Одним из главных источников является древесное сырье и, прежде всего, низкокачественная древесина и древесные отходы. По разным источникам, объем этой древесной массы достигает 30...50 % от объема дровосроя. В настоящее время разработаны технологии и системы машин для сбора и переработки древесных отходов и низкокачественной древесины на топливную щепу, брикеты, пеллеты, этанол. В ряде ЛЗП котельные перевер-

дены на древесное топливо, построены ТЭЦ, снабжающие топливом и электроэнергией производство и поселки.

Разработаны технологии приготовления из древесных отходов (коры, опилок, щепы) удобрений. Хвоя и листва используется в фармацевтической промышленности.

Немалое значение могут иметь добыча недревесного сырья: лекарственных трав, грибов, ягод, орехов и др., а также подсобные хозяйства (охотничье, рыбное, овощное и пр.) и рекреация (туризм, зоны отдыха и т.п.) Такое многофункциональное предприятие будет более устойчиво действовать в условиях негарантированного спроса на лесопroduкцию.

Несмотря на вынужденный переход на подготовку вместо специалистов (лесоинженеров) бакалавров и магистров (срок обучения 4 года для бакалавров и еще 2 года для магистров), в целом удалось разработать учебные стандарты и планы, которые учитывают возможное поле деятельности выпускников вузов на предприятиях и организациях лесопромышленной отрасли. Основная работа выполнена в учебно-методических советах и комиссиях учебно-методического объединения, в которое входят ведущие ученые и опытные преподаватели практически всех вузов, ведущих подготовку лесных бакалавров и магистров. Проекты стандартов и учебных планов получили положительную оценку ряда руководителей передовых объединений и предприятий и утверждены Министерством образования и науки РФ.

Предварительный анализ показывает, что уровень подготовки бакалавров и магистров лесоинженерного профиля соответствует действующим квалификационным характеристикам и сфере его потенциальной деятельности.

Поэтому лесоинженер, как его не называй – специалист, бакалавр или магистр – был, есть и будет востребованным не только в лесном комплексе, но, как имеющий широкую подготовку, и в других отраслях экономики страны.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА КОРОТКИХ ЗАГОТОВОК ИЗ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

С.Н. РЫКУНИН, *проф. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ, д-р техн. наук,*
Е.Г. ВЛАДИМИРОВА, *ведущий инженер каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*

rikunin@mgul.ac.ru; egvl@mail.ru

Определение объемного выхода заготовок можно разделить на следующие этапы:

- определение объемного выхода основной заготовки;
- определение объемного выхода бездефектных участков, оставшихся после выработки основной заготовки;
- определение объемного выхода коротких заготовок из бездефектных участков [1].

Далее рассматривается пример расчета объемного выхода коротких заготовок из бездефектных участков. При этом известна экспериментальная средняя длина бездефектных участков и их объем.

Расчет осуществляется в следующей последовательности.

Строится график распределения бездефектных участков для случая, когда их количество по длинам распределено равномерно. Используя экспериментальную среднюю длину бездефектного участка, находим фактическое распределение бездефектных участков по длинам. Определяется выход коротких заготовок различных размеров по длине и рассчитывается общий объемный выход заготовок в процентах.

Далее приводится пример расчета объемного выхода коротких заготовок из бездефектных участков.

Пусть из бездефектных участков требуется получить короткие заготовки длиной 600, 900, 1200 мм.

Рассмотрим построение графика для пиломатериалов 3-ей группы качества (с суммарной длиной бездефектных участков 4500–5000 мм) при выпиливании из них основных заготовок размером 1500x100 мм, сучки диаметром не более 50 мм.

По оси абсцисс откладывается длина бездефектных участков в мм.

По оси ординат частота встречаемости заготовок различной длины в процентах.

Бездефектные участки по длине разделили на девять классов, размер одного класса по длине составил 150 мм.

$$l_{cp.p1} = \frac{l_{max} + l_{min}}{2}, \quad l_{cp.p1} = \frac{1500 + 150}{2} = 825 \text{ мм. (1)}$$

Средняя длина коротких заготовок, при выработке основных заготовок 1500x100 мм с диаметром сучков ≤ 20 мм, полученная экспериментальным путем – 610 мм.

Полученные значения средних длин заготовок наносим на график, рис.1.

Частота встречаемости заготовок на участках от 600 до 900 мм составит

$$\eta = 100 / n, \%, \quad (2)$$

где n – число классов заготовок.

$$\eta = 100 / 9 = 11,11 \%$$

Общая площадь распределения бездефектных участков по длинам составит $1350 \times 11,11 = 15000 \text{ мм} \cdot \%$

Расчетная длина бездефектных участков делит прямоугольник на две равные по площади части. Экспериментальная длина бездефектных участков делит треугольник (трапецию) на две равные по площади части.

$$15000/2 = 7500 \text{ мм} \cdot \%$$

Распределение бездефектных участков, полученное по средней экспериментальной длине бездефектного участка, строится следующим образом.

Среднее распределение на участке от 150 мм до 610 мм составляет половину от площади всего распределения. Средняя расчетная длина на участке от 150 мм до 610 мм составляет 379,78 мм – $l_{cp.p2}$.

$$610 - 150 = 460 \text{ мм,}$$

$$7500/460 = 16,32 \%$$

Частота встречаемости бездефектных участков в диапазоне от 150 мм до 610 мм составляет 16,32 % (половина площади распределения по длинам делится на диапазон бездефектного участка).

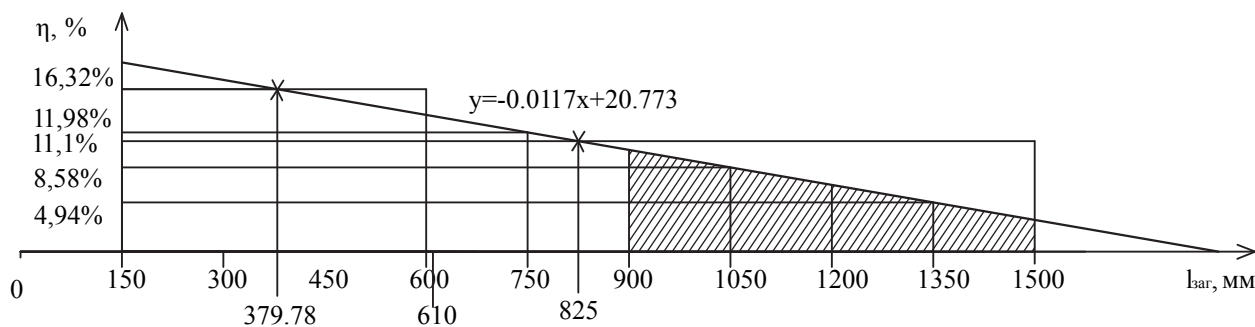


Рис. 1. График определения процента выхода коротких заготовок из бездефектных участков пиломатериалов 3-й группы качества (с суммарной длиной бездефектных участков 4500–5000 мм), оставшихся после получения основной заготовки размером 1500x100 мм с допустимым диаметром сучков ≤ 50 мм

Ищем на графике значение η для каждой длины коротких заготовок
 для 600 мм $\eta = 11,98\%$;
 для 900 мм $\eta = 8,58\%$;
 для 1200 мм $\eta = 4,94\%$.
 Площади фигур
 $300 \cdot 11,98 = 3594 \text{ мм} \cdot \%$;
 $300 \cdot 8,58 = 2574 \text{ мм} \cdot \%$;
 $300 \cdot 4,94 = 1482 \text{ мм} \cdot \%$.

Заготовок длиной 600 мм получилось 24 % от общего количества штук.
 $(3792 / 15000) \cdot 100 = 24\%$.

Заготовок длиной 900 мм получилось 17,16 % от общего количества штук.

Заготовок длиной 1200 мм получилось 9,88 % от общего количества штук.

Заготовки длиной 600, 900 и 1200 мм приводим к длине 610 мм, таким образом, мы можем говорить об объемном выходе заготовок.

Общая длина заготовок в представленном распределении составит $610 \cdot 100 = 61000 \text{ мм} \cdot \%$.

Затем вычисляем выход для заготовки каждой длины

$$\begin{aligned} 600 \cdot 24 &= 14376 \text{ мм} \cdot \%; \\ 900 \cdot 17,16 &= 15444 \text{ мм} \cdot \%; \\ 1200 \cdot 9,88 &= 11856 \text{ мм} \cdot \%. \end{aligned}$$

Затем вычисляем объем заготовок из бездефектных участков

$$\begin{aligned} (14376 / 61000) \cdot 100 &= 23,584\%; \\ (15444 / 61000) \cdot 100 &= 25,336\%; \\ (11856 / 61000) \cdot 100 &= 19,45\%. \end{aligned}$$

В расчетах принимался все количество бездефектных участков за 100 %, но бездефектных участков от общего объема пиломатериалов было 36,91 %.

Определяем выход заготовок из бездефектных участков от общего их объема.

Затем вычисляем выход заготовок из бездефектных участков

$$\begin{aligned} 23,584 \cdot 36,91 / 100 &= 8,70\%; \\ 25,336 \cdot 36,91 / 100 &= 9,35\%; \\ 19,45 \cdot 36,91 / 100 &= 7,18\%; \end{aligned}$$

Итого, выход заготовок из бездефектных участков 25,237 %.

На рис. 2 представлен пример графика определения коротких заготовок из бездефектных участков, оставшихся после получения основной заготовки размером 3000x100 мм с допустимым диаметром сучков ≤ 50 мм.

Сводим полученные данные по выходу основных заготовок и коротких заготовок из пиломатериалов в таблицу.

Из представленных в табл. 1 данных следует, что чем выше качество пиломатериалов и ниже требования по качеству к вырабатываемым заготовкам, тем меньше объемный выход бездефектных участков и соответственно выход коротких заготовок. В этом случае получается значительно больше заготовок основного размера.

Значительное влияние на объемный выход заготовок оказывает градация коротких заготовок по длине. В рассматриваемых примерах градация 300 мм.

По каждой заготовке отходы увеличиваются на 0,5 градации, т.е. на 150 мм.

Так, на заготовки длиной 900 мм отходы из-за влияния градации составят

$$p_{\text{отх}} = (150 / 900) \cdot 100\% = 16,7\%$$

При увеличении градации до 600 мм отходы составят

$$p_{\text{отх}} = (300 / 900) \cdot 100\% = 33,3\%$$

Объемный выход заготовок из пиломатериалов различных групп качества, %

| Размер основной заготовки, мм | Допустимый диаметр сучков в заготовке | Группа качества пиломатериалов | Размер коротких заготовок, мм | | | | | | | | Выход заготовок из бездефектных участков, % |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 | 2100 | 2400 | 2700 | |
| 3000x100 | ≤ 20 мм | 3 | 16,045 | 19,238 | 19,238 | 15,997 | 2,281 | – | – | – | 75,833 |
| | | 2 | 8,009 | 10,241 | 11,309 | 11,204 | 9,927 | 7,477 | 3,854 | – | 64,605 |
| | | 1 | 4,314 | 5,758 | 6,728 | 7,223 | 7,243 | 6,768 | 5,836 | 4,428 | 50,312 |
| 3000x100 | ≤ 50 мм | 3 | 6,098 | 7,955 | 9,002 | 9,377 | 8,713 | 4,575 | 2,020 | – | 49,691 |
| | | 2 | 4,295 | 5,500 | 6,065 | 6,009 | 5,324 | 4,010 | 2,067 | – | 34,344 |
| | | 1 | 1,752 | 2,203 | 2,368 | 2,252 | 1,854 | 1,172 | 0,207 | – | 11,709 |
| 1500x100 | ≤ 20 мм | 3 | 19,423 | 14,867 | 2,612 | – | – | – | – | – | 39,249 |
| | | 2 | 11,023 | 12,178 | 10,448 | – | – | – | – | – | 35,400 |
| | | 1 | 6,645 | 8,194 | 8,560 | – | – | – | – | – | 24,097 |
| 1500x100 | ≤ 50 мм | 3 | 9,100 | 9,776 | 7,505 | – | – | – | – | – | 25,237 |
| | | 2 | 5,202 | 5,661 | 4,691 | – | – | – | – | – | 14,468 |
| | | 1 | 1,499 | 1,675 | 1,470 | – | – | – | – | – | 3,610 |

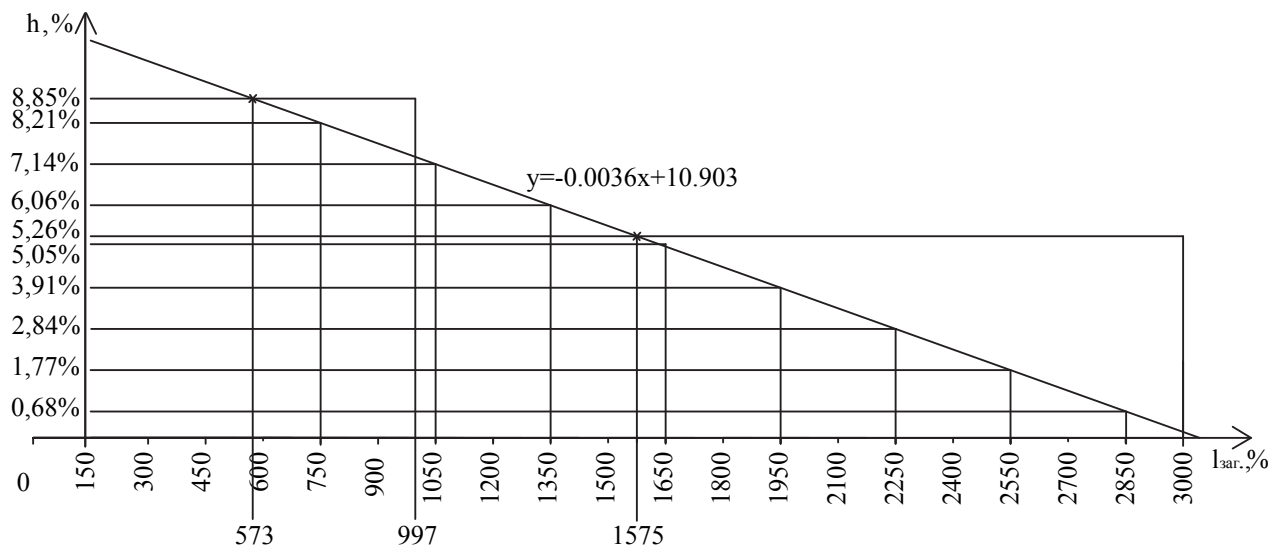


Рис. 2. График определения процента выхода коротких заготовок из бездефектных участков пиломатериалов 3-й группы качества (с суммарной длиной бездефектных участков 4500–5000 мм), оставшихся после получения основной заготовки размером 3000x100 мм с допустимым диаметром сучков ≤ 50 мм

Существенное влияние на объемный выход заготовок оказывает минимальная длина коротких заготовок. Бездефектные участки менее минимальной длины коротких заготовок или являются отходами или направляются на склеивание по длине на зубчатый шип. При этом для заготовок, предназначенных для склеивания по длине, также существуют ограничения по длине, так как не все заготовки экономически выгодно склеивать. Кроме этого имеются технические ограничения, связанные с конструкцией линий склеивания.

Чем выше требования к качеству заготовок, больше минимальная длина коротких заготовок и градации по длине коротких заготовок, тем больше доля клееных заготовок.

Библиографический список

1. Звягина, Г.И. О влиянии количества вырабатываемых типоразмеров заготовок на их выход и производительность линии раскроя / Г.И. Звягина // Технология и материалы деревообрабатывающих производств: научные труды – М.: МЛТИ, 1982. – Вып. 140. – С. 61–64.

СОРТИРОВАНИЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ГРУППЫ КАЧЕСТВА

С.Н. РЫКУНИН, *проф. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ, д-р техн. наук,*
 Е.Г. ВЛАДИМИРОВА, *ведущий инженер каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*

rikunin@mgul.ac.ru; egvl@mail.ru

Для пиломатериалов, предназначенных для раскроя на заготовки, важно знать показатели соответствия качества пиломатериалов качеству заготовок. В том случае, если качество пиломатериалов соответствует или выше качества заготовок, отходов, связанных с вырезкой пороков, не будет. Но такие пиломатериалы имеют обычно высокую цену, что скажется на себестоимости заготовок.

Для большинства случаев раскроя на заготовки качество пиломатериалов обычно ниже, что приводит к возникновению отходов по качеству.

Количество длин заготовок, их максимальная и минимальная длина, соотношение объемов, оказывают существенное влияние на объемный выход спецификационных заготовок.

Качество пиломатериалов может быть оценено сортом, количеством сучков на пласти, площадью сучков на пласти, средней длиной бездефектного участка, суммарной длиной бездефектных участков [1]. Экспериментальные работы показали, что коэффициент корреляции между этими показателями и объемным выходом не превышает 0,6.

Существенное влияние на выбор критерия оценки качества пиломатериалов оказывает производительность труда. С этих позиций преимущество имеет критерий оценки по суммарной длине бездефектных участков.

При этом для определения суммарной длины бездефектных участков предполагается использовать сканирующие устройства [2].

На рис. 1 представлен пример зависимости коэффициента объемного выхода заготовок размером 1500×100 мм, с допустимым диаметром сучков ≤ 50 мм от качества пиломатериалов. Здесь по оси абсцисс отложена суммарная длина бездефектных участков на доске в мм, а по оси ординат – коэффициент объемного выхода. Под цифрой 1 представлена зависимость коэффициента выхода основных заготовок, от качества пиломатериалов. Коэффициент выхода рассчитывался как отношение объема основных заготовок, которое можно выпилить из доски, с учетом пороков, к максимальному объему заготовок, получившемуся из доски без учета пороков. В примере данный показатель был получен по 24-м опытам как среднее по результатам

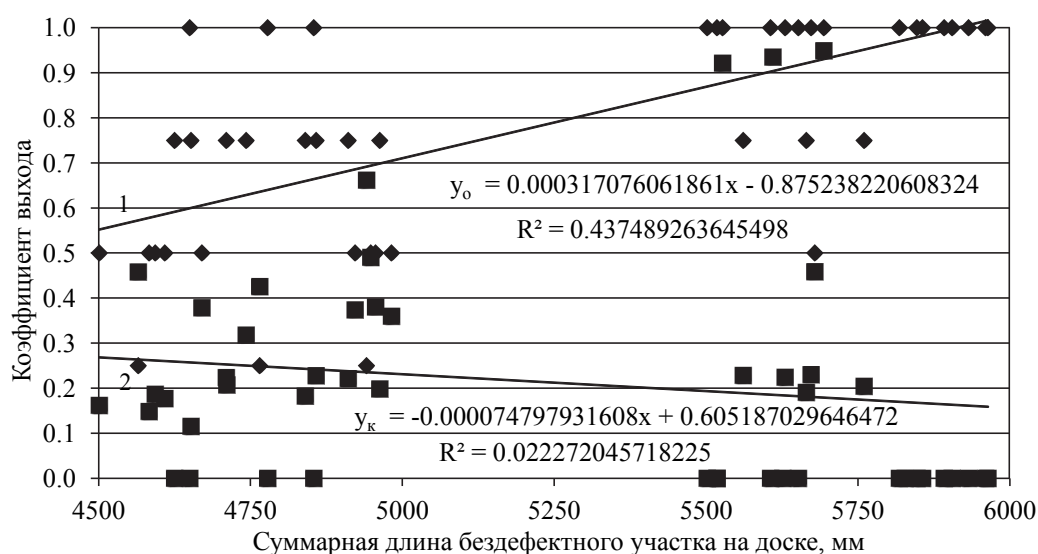


Рис. 1. Зависимость коэффициента выхода заготовок размером 1500×100 мм, допустимый диаметр сучков ≤50 мм (1), и коэффициента выхода коротких заготовок свободной длины (2) от качества пиломатериалов

24-х наблюдений в каждом опыте. Под цифрой 2 представлена зависимость коэффициента объемного выхода заготовок свободной длины от качества пиломатериалов.

В связи с тем, что уравнения по выходу коротких заготовок свободной длины имеют низкую величину достоверности аппроксимации R^2 от 0,02 до 0,31, то и в дальнейших расчетах по оптимизации объемов раскраиваемых пиломатериалов использовались только уравнения, имеющие достоверность аппроксимации не менее 0,20. В остальных случаях выход коротких заготовок свободной длины определялся экспериментальным путем из группы пиломатериалов как среднее арифметическое.

Пиломатериалы обычно раскраивают на заготовки одного сечения, одной группы качества и нескольких размеров по длине.

В спецификации выделяется самая длинная заготовка. В дальнейшем она является основной заготовкой, и ее объемный выход определяется экспериментальным путем, с нахождением соответствующих уравнений, в том числе с использованием методов планирования эксперимента.

Так же экспериментальным путем находят уравнения по выходу бездефектных участков. По экспериментальным данным определяется средняя длина бездефектных участков.

Расчет состоит из следующих этапов.

1. Строится график распределения бездефектных участков на пиломатериалах для случая, когда их количество по длинам распределено равномерно.

2. С использованием экспериментальной длины бездефектных участков выполняется построение фактического распределения бездефектных участков по длинам.

3. Определяется выход коротких заготовок по размерам длины.

4. Рассчитывается общий выход заготовок.

Далее в общем виде приводится расчет объемного выхода коротких заготовок (в процентах) из бездефектных участков, оставшихся после получения основной заготовки.

Пусть из бездефектных участков требуется получить три длины коротких заготовок l_1, l_2, l_3 .

Определяется выход коротких заготовок в штуках, для этого строится распределение бездефектных участков по размерам длины (рис. 2).

По оси абсцисс откладывается длина бездефектных участков в мм, а по оси ординат частота встречаемости заготовок различной длины в процентах.

Бездефектные участки по длине делятся на n классов, размер одного класса по длине составляет

$$l_{\text{кл}} = (l_{\text{max}} - l_{\text{min}}) / n, \quad (1)$$

где l_{max} – максимальная длина коротких заготовок свободной длины, мм;

l_{min} – минимальная длина коротких заготовок свободной длины, мм;

n – число классов заготовок.

Средняя длина заготовки

$$l_{\text{ср.р1}} = (l_{\text{max}} + l_{\text{min}}) / 2, \quad (2)$$

где $l_{\text{ср.р1}}$ – расчетная средняя длина бездефектных участков, мм.

Средняя длина бездефектных участков, при выработке основных заготовок, находится экспериментальным путем – $l_{\text{эксп}}$.

Полученные значения средних длин заготовок наносим на график (рис. 2).

Частота встречаемости заготовок на участках составит

$$\eta = 100 / n, \quad (3)$$

Общая площадь распределения бездефектных участков по длинам в мм · % составит

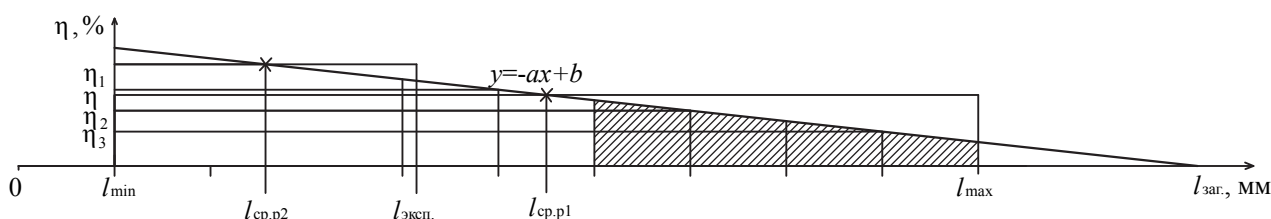


Рис. 2. График определения процента выхода коротких заготовок из бездефектных участков пиломатериалов

$$f = (l_{\max} - l_{\min}) \cdot \eta. \quad (4)$$

Расчетная длина бездефектных участков делит прямоугольник на две равные по площади части. Экспериментальная длина бездефектных участков делит треугольник (трапецию) на две равные по площади части и равна $f/2$.

Распределение бездефектных участков, полученное по средней экспериментальной длине бездефектного участка, строится следующим образом.

Среднее распределение на участке от l_{\min} до $l_{\text{экс}}$ составляет половину от плотности всего распределения. Средняя расчетная длина на участке от l_{\min} до $l_{\text{экс}}$ составляет

$$l_{\text{ср},p2} = (l_{\min} + l_{\text{экс}}) / 2. \quad (5)$$

Частота встречаемости бездефектных участков в диапазоне от l_{\min} до $l_{\text{экс}}$ составляет η_1 (половина плотности распределения по длинам делится на диапазон бездефектного участка).

$$\eta_1 = f / (l_{\text{экс}} - l_{\min}) \cdot 2, \quad (6)$$

где f – плотность распределения;

η_1 – частота встречаемости бездефектных участков, в диапазоне от l_{\min} до $l_{\text{экс}}$.

Ищем на графике значение η_i для каждой длины коротких заготовок. Получены значения η_2, η_3, η_4 .

Площади фигур, мм · %

$$F_{l_1} = \Delta \cdot \eta_2;$$

$$F_{l_2} = \Delta \cdot \eta_3;$$

$$F_{l_3} = (\Delta / 2) \cdot \eta_4;$$

где Δ – градация заготовок по длине.

Заготовок длиной l_1 получилось p_1 от общего количества штук.

$$(f_1 / f) \cdot 100 \% = p_1;$$

$$(f_2 / f) \cdot 100 \% = p_2;$$

$$(f_3 / f) \cdot 100 \% = p_3.$$

Заготовки длиной l_1, l_2, l_3 приводим к длине $l_{\text{экс}}$, таким образом, мы можем говорить об объемном выходе заготовок.

Общая длина заготовок в представленном распределении составит в мм · %

$$\Sigma l = l_{\text{экс}} \cdot 100 \% ; \quad (7)$$

Затем вычисляются доли заготовок каждой длины в распределении

$$d_i = l_i \cdot \eta_i; \quad (8)$$

получим

$$d_1 = l_1 \cdot \eta_2;$$

$$d_2 = l_2 \cdot \eta_3;$$

$$d_3 = l_3 \cdot \eta_4.$$

Затем вычисляем общий объем заготовок из бездефектных участков, все количество бездефектных участков за 100 %

$$m_i = d_i / \Sigma l, \% , \quad (9)$$

получим

$$m_1 = d_1 / \Sigma l, \% ;$$

$$m_2 = d_2 / \Sigma l, \% ;$$

$$m_3 = d_3 / \Sigma l, \% .$$

Бездефектных участков от общего объема пиломатериалов было $p, \%$.

Определяем выход заготовок из бездефектных участков от общего их объема.

Затем вычисляем выход заготовок из бездефектных участков (p_i).

$$m_i \cdot p / 100 = P_i, \% , \quad (10)$$

получим

$$m_1 \cdot p / 100 = P_1, \% ;$$

$$m_2 \cdot p / 100 = P_2, \% ;$$

$$m_3 \cdot p / 100 = P_3, \% .$$

Итого, выход заготовок из бездефектных участков

$$P = \Sigma P_i. \quad (11)$$

Далее составляется оптимальный план раскроя пиломатериалов на заготовки. Составление плана раскроя сводится к решению задачи линейного программирования. При этом для получения математической модели в явном виде используются ранее полученные уравнения по объемному выходу заготовок.

В результате решения оптимизационной задачи получаем план раскроя, из которого следует, какой объем пиломатериалов той или иной группы качества направляется на выработку заготовок для выполнения спецификации.

Все предыдущие расчеты проводились с пиломатериалами, разделенными на группы по величине суммарной длины бездефектных участков.

В каждой группе пиломатериалов известна не только суммарная длина бездефектных участков, но и объемный выход основных заготовок в процентах. Пересчитав объемный выход на количество основных заготовок, получаемых из одной доски, и округлив полученный результат до ближайшего целого числа, получаем показатель качества,

который может быть использован при сортировке пиломатериалов.

Как отмечалось выше, коэффициент корреляции между объемным выходом основной заготовки и суммарной длиной бездефектных участков в пиломатериалах невысок и по результатам эксперимента получились значения от 0,4 до 0,6. Из этого следует, что при разделении пиломатериалов на группы по суммарной длине бездефектных участков часть пиломатериалов в группах будет иметь выход основной заготовки меньше расчетной, а другая часть – больше расчетной. При сортировке пиломатериалов по количеству основных заготовок, получаемых из одной доски, связь практически функциональная, что приведет к увеличению

фактического объемного выхода основных заготовок по сравнению с расчетным. Некоторое ее снижение наблюдается из ошибок оператора. При использовании сканирующих устройств определяется длина бездефектных участков и на основе этих данных количество заготовок основного размера. В этом случае связь также носит функциональный характер.

Библиографический список

1. Рыкунин, С.Н. Сортировка на размерно-качественные группы пиломатериалов, предназначенных для раскроя на заготовки / С.Н. Рыкунин // Рефераты докладов МЛТИ. – М., 1969. – С. 6–8.
2. Рыкунин, С.Н. Сортирование пиломатериалов: учеб. пособие / С.Н. Рыкунин, В.Е. Пятков, Е.Г. Владимирова. – М.: МГУЛ, 2012. – 27 с.

ОПИСАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ И МИКРОРАЗРУШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В.Г. САНАЕВ, *проф. каф. древесиноведения МГУЛ, д-р техн. наук,*

Б.М. РЫБИН, *проф. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ, д-р техн. наук,*

В.И. ЗАПРУДНОВ, *проф. каф. геодезии и строительного дела МГУЛ, д-р техн. наук*

rybin@mgul.ac.ru

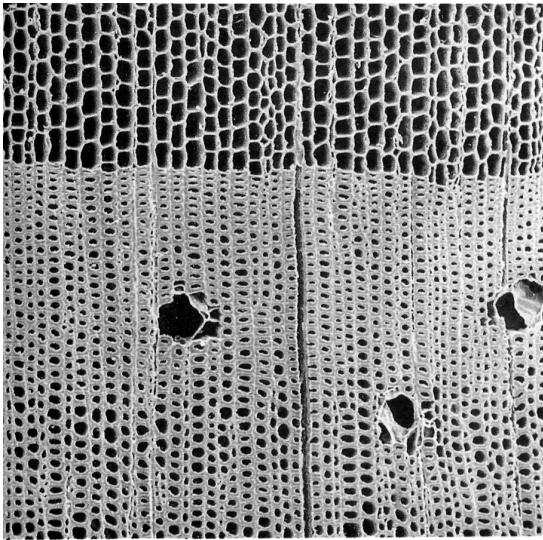
В современных методах отделки древесины доминирующую роль играют технологии, позволяющие формировать ультратонкие защитно-декоративные покрытия. Если ранее было принято представлять отделанную поверхность как слой покрытия, сформированный на древесине, то сейчас правильнее говорить о поверхности древесины, тонкий слой которой пропитан (армирован) отделочным материалом. Как правило, это слои толщиной порядка 100–200 мкм. Принципиальная особенность заключается в абсолютно различных условиях формирования адгезионного контакта в системе монослой полимера–древесина и в системе композита – древесина и полимер. Что касается конфигурации древесного каркаса в этой композиции, то она зависит от особенностей микро- и макростроения самой древесины (рис. 1, рис. 2).

Исходя из этих положений, рассмотрим механизм разрушения защитно-декоративных покрытий на древесине.

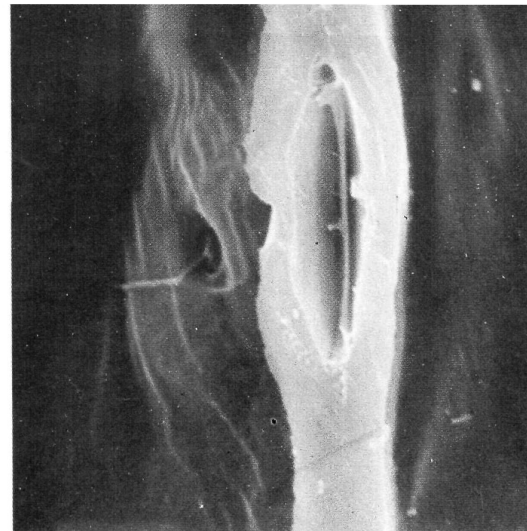
Разрушение полимеров, как и любых твердых тел, является сложным кинетическим процессом. Потеря сплошности тела связана с преодолением сил взаимодействия между элементами структуры на поверхности разрыва. Оценивая эти силы и учитывая внутренние напряжения и внешние факторы, действующие на тело, можно судить о его прочности.

Разрушение тела под действием механической нагрузки сопровождается развитием деформации. Деформация тела может происходить по различным механизмам, зависящим от структуры деформируемого тела. В свою очередь, развитие того или иного типа деформации может сопровождаться определенным изменением структуры тела.

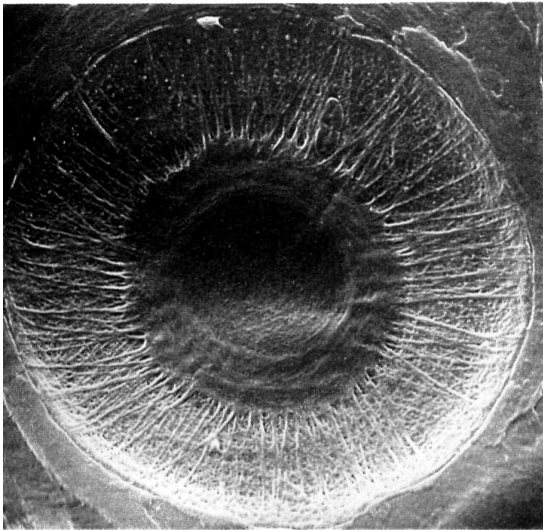
В общем виде принято рассматривать хрупкое и вязкое разрушение. Первое описывается в теории Гриффита [1]. Здесь разрушение происходит практически мгновенно, когда перенапряжение у вершины микротрещины (микродефекта кристаллической решетки) достигает теоретического значения,



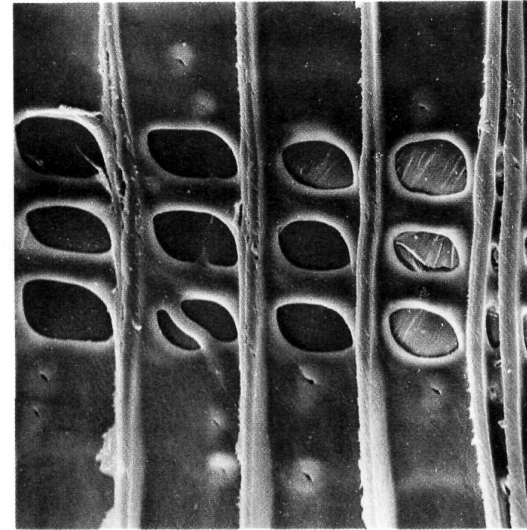
10-2 生长轮 X × 55



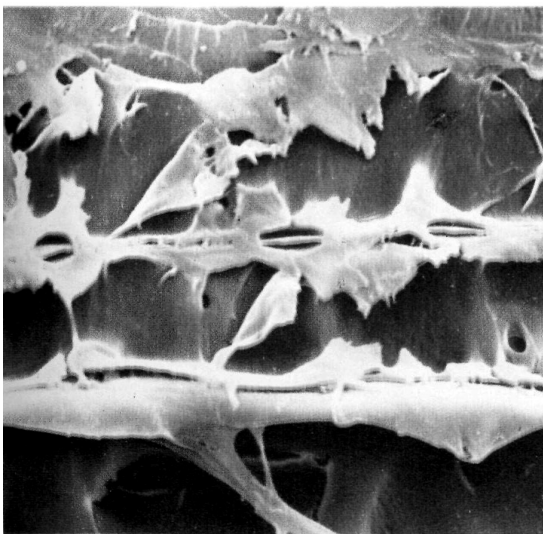
10-3 径壁具缘纹孔 T × 1900



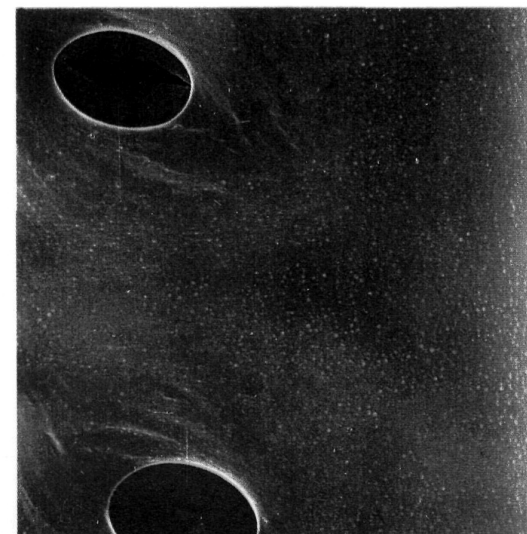
10-4 具缘纹孔塞 R × 3000



10-5 交叉场纹孔窗格状 R × 330

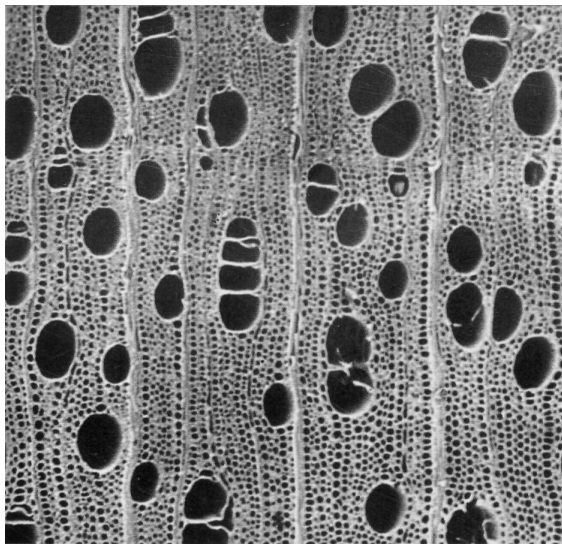


10-6 射线管胞内壁深锯齿 R × 1180

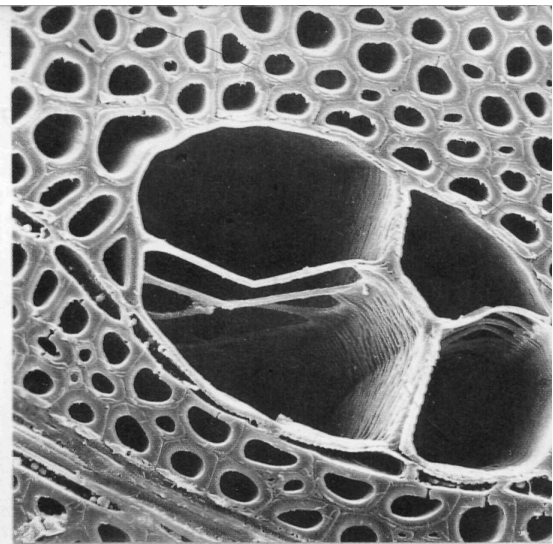


10-7 管胞内壁具瘤层 R × 2600

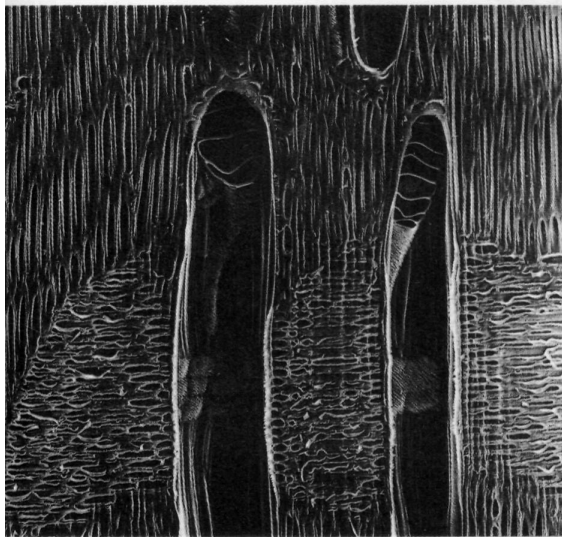
Рис. 1. Микроструктура строения древесины сосны (*Pinus massoniana*)



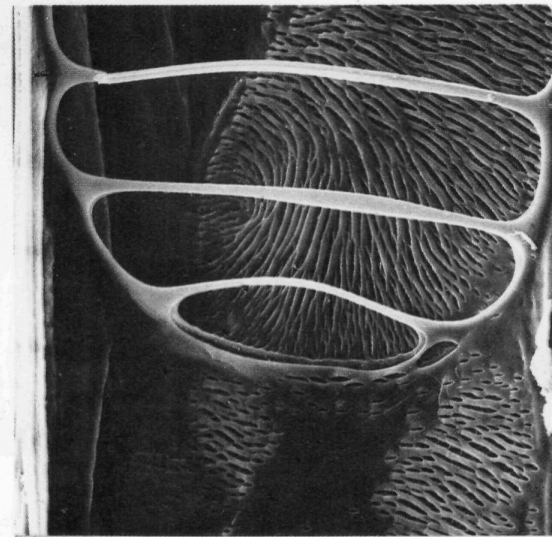
80—2 生长轮 X × 60



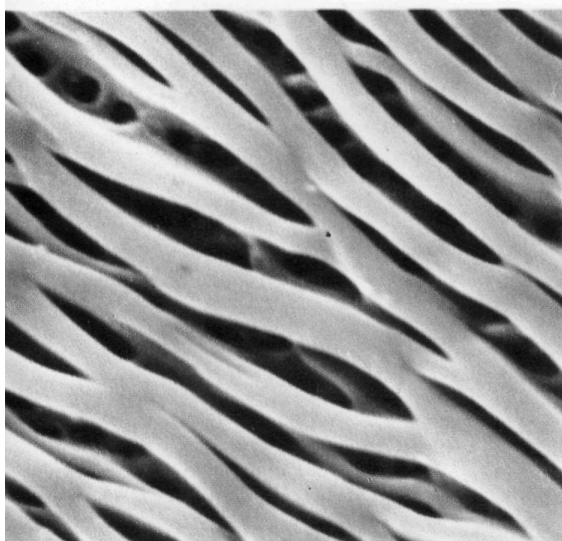
80—3 纤维管胞及管孔团 X × 350



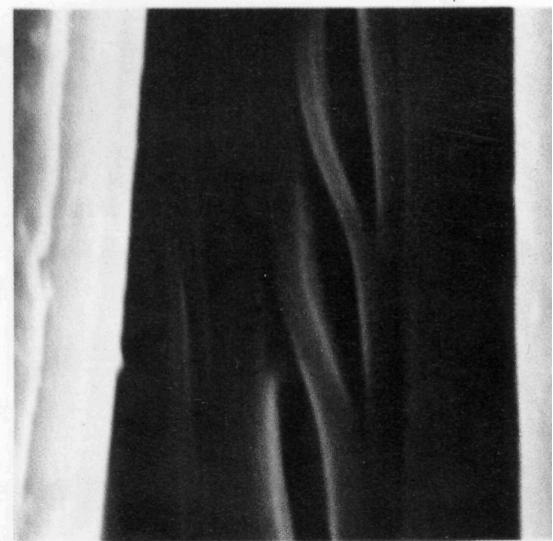
80—4 同形射线 R × 90



80—5 梯状穿孔 R × 500



80—6 管间纹孔式 T × 3000



80—7 纤维管胞壁纹孔 R × 5500

Рис. 2. Микроструктура строения древесины березы (*Betula albo-sinensis*)

определяемого межатомными силами сцепления. Вязкое разрушение, по существу, является вероятностным процессом, определяемым временем ожидания тепловой флуктуации, способной разорвать структурную связь. В целом, картину разрушения можно представить следующим образом. Атомы в твердом теле колеблются относительно своих равновесных положений 10^{12} – 10^{13} с⁻¹. Связи между атомами разрываются благодаря тепловым флуктуациям. Механическое напряжение способствует увеличению скорости разрыва этих связей. Накопление элементарных актов разрушения приводит, с течением времени, к полному разрушению.

Слабые места в полимерах существуют как в молекулярной, так и в надмолекулярной структуре. Присутствие практически в любом кристаллическом полимере аморфных областей можно рассматривать как наличие своеобразных дефектов. В то же время аморфные области играют не только отрицательную, но и положительную роль. Ослабляя полимерное тело, эти области дают возможность проявиться эластическим свойствам полимера, что особенно важно для сохранения целостности полимера, находящегося в адгезионном контакте с древесиной.

Следует особо отметить роль внутренних напряжений и их влияние на процессы разрушения. В общем виде внутренние напряжения являются мерой незавершенности релаксационных процессов и зависят от числа, природы и характера распределения локальных связей в системе. Это может быть вызвано неодинаковой скоростью удаления растворителя по толщине и площади материала, различной скоростью и глубиной полимеризации отдельных слоев, наличием градиента температуры, разностью коэффициентов линейного расширения контактируемых материалов. Подробный анализ причин возникновения внутренних напряжений в полимерных покрытиях, а также влияние различных факторов на напряженно-деформационное состояние изложен в трудах Л.А. Сухаревой, П.И. Зубова [2].

Описание напряженно-деформационного состояния в подобных системах принято

представлять методами феноменологической и молекулярной реологии, в основе которых заложены простые и сложные модели. Среди множества многоэлементных моделей наиболее качественно описывает поведение покрытия при деформировании четырехэлементная модель Бюргерса. Реологическое уравнение можно записать в интегральной форме

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{\eta_0} \int_0^t \sigma(\tau) d\tau + \frac{1}{\eta'} \int_0^t e^{-\frac{E'(t-\tau)}{\eta'}} \sigma(\tau) d(\tau), \quad (1)$$

где $\varepsilon(t)$ – относительная деформация в момент времени t ;

$\sigma(t)$ – напряжения, действующие в момент времени t ;

τ – текущее время;

E, E', η, η' – константы модели.

Не вдаваясь в подробности всех преимуществ и недостатков использования феноменологических подходов к описанию процессов разрушения покрытий на древесине, предлагается рассмотреть эти процессы с позиций волновой теории распространения возмущений в упруговязкопластической среде [3].

Представим исследуемый объект (композит полимер–древесина) как упруговязкопластичную пластину. Характер распространения волн в таком материале описывается уравнением движения

$$\rho_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r}, \quad (2)$$

Закон деформирования в этом случае можно записать в следующем виде

$$\mu = \frac{d\gamma_{rz}}{dt} = \frac{d\tau_{rz}}{dt}, \text{ при } |\tau_{rz}| \leq \tau_s; \quad (3)$$

$$\mu \frac{d\gamma_{rz}}{dt} = \frac{d}{dt} [\tau_{rz} - f(\gamma_{rz})] + K[\tau_{rz} - f(\gamma_{rz})], \text{ при } |\tau_{rz}| \geq \tau_s, \quad (4)$$

где $\gamma_{rz} = \frac{\partial w}{\partial r}$, μ – модуль сдвига.

При вводе безразмерных величин $T = \tau_{rz} / \tau_s, \gamma = \gamma_{rz} / \gamma_s, \tau = Kt, \bar{r} = Kr / a_0,$

$$w = Kw / (\gamma_s a_0), v = \frac{1}{\gamma_s a_0} \frac{\partial w}{\partial t}, f(\gamma) = \frac{1}{\tau_s} f(\gamma_{rz}),$$

где $a_0 = \sqrt{\mu/\rho_0}$ – скорость распространения упругих волн при сдвиге,

$\gamma_s = \tau_s / \mu$ – деформация сдвига, соответствующая пределу текучести,

решение уравнения сводится к следующему:

$$T = 1 + \sqrt{2/r} e^{-\bar{r}/2} \int_{\xi}^{\xi^*} e^{z^2} dz \quad \text{при } T \geq 1, \quad (5)$$

$$T = \sqrt{r^*/r}, \quad \text{при } T \leq 1, \quad (6)$$

где $\xi = \sqrt{r}/2$; $\xi^* = \sqrt{r^*}/2$;

r^* – граница упругой и пластической областей.

Это и является окончательным выражением закона изменения напряжения на фронте волны сильного разрыва $\bar{r} = \tau + \bar{r}_0$, бегущей в невозмущенную часть покрытия.

Таким образом, используя теорию волнового возмущения и распространения

деформаций и соответствующих дислокаций, можно описать процессы, происходящие в системах полимер–древесина. Для проверки точности этих подходов, а также для создания рабочей математической модели требуются дополнительные исследования системы и отдельных ее компонентов в реальных условиях.

Библиографический список

1. Гуль, В.Е. Структура и механические свойства полимеров / В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. – М.: Высшая школа, 1979. – 352 с.
2. Зубов, П.И. Структура и свойства полимерных покрытий / П.И. Зубов, Л.А. Сухарева. – М.: Химия, 1982. – 256 с.
3. Рахматуллин, Х.А. Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках / Х.А. Рахматуллин, Е.И. Шемякин, Ю.А. Демьянов и др. – М.: Логос, 2008. – 621 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Н.В. СКУРАТОВ, *проф. каф. сушки и защиты древесины МГУЛ, канд. техн. наук,*

А.В. ПРОТАСОВА, *асп. каф. сушки и защиты древесины МГУЛ*

skuratov@mgul.ac.ru

При оценке качества сушки определяют соответствие средней конечной влажности пиломатериалов заданному в технических условиях значению, величину отклонений влажности отдельных досок от среднего значения в партии, перепад влажности по толщине досок, а также наличие остаточных сушильных напряжений. Также, оценивая качество сушки, как правило, принимают во внимание наличие видимых дефектов, к которым относятся трещины, покоробленность, изменение цвета древесины, выплавление смолы и другие, появление которых не всегда непосредственно связано с сушкой. Часть из них, возможно, уже была в сырых пиломатериалах, определяя исходное качество древесины.

Очевидно, что природные особенности строения древесины, ее базисная плотность и усушка, количество, размеры и расположение сортообразующих пороков не изменяются после сушки. Однако в процессе

сушки может измениться состояние сучков, метиковых, морозных и отлупных трещин, смоляных карманов. В то же время процесс сушки оказывает определяющее влияние на распределения влажности и остаточных сушильных напряжений в высушенных пиломатериалах. Кроме того, при чрезмерно интенсивной сушке в пиломатериалах возможно образование поверхностных, внутренних и торцевых трещин. Также высушенные доски могут существенно покоробиться и изменить цвет. Сушка при повышенных температурах, как правило, приводит к необратимому снижению показателей механических свойств древесины.

В зависимости от назначения высушиваемых пиломатериалов или заготовок следует ориентироваться на одну из четырех принятых у нас в стране категорий качества сушки. В руководящих технических материалах (РТМ) по технологии камерной сушки древесины [1] приведены показатели, нормы

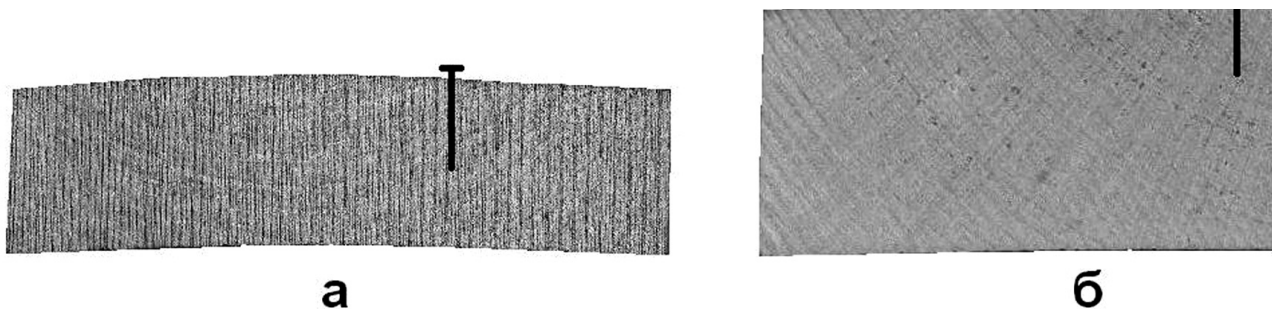


Рис. 1. Измерение средней влажности тонкой (а) и толстой (б) досок игольчатым электровлажгомером по ГОСТ 16588

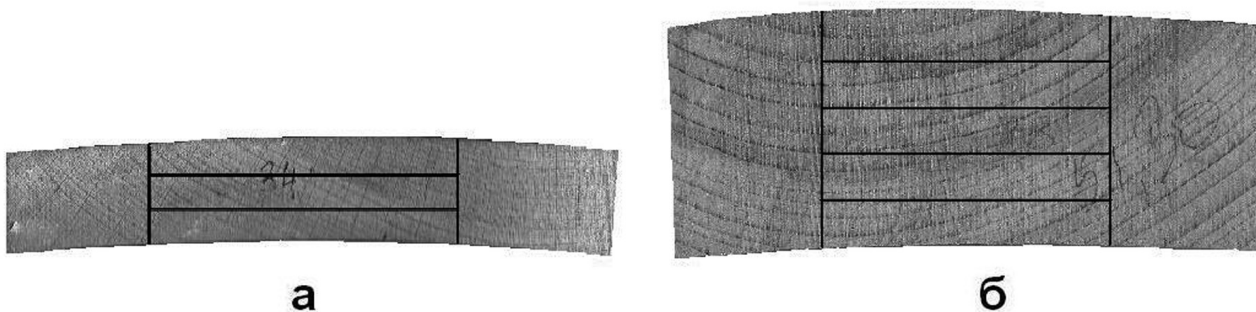


Рис. 2. Возможные схемы раскроя секций полойной влажности, выпиленных из досок толщиной до 32 мм (а) и свыше 32 мм (б)

показателей качества сушки для всех категорий качества и методы их определения. Три первых категории качества распространяются на сушку древесины до эксплуатационной влажности, а последняя нулевая категория определяет требования к качеству сушки пиломатериалов до транспортной влажности. Чем меньше отклонение средней конечной влажности древесины от заданного значения, разброс конечной влажности досок в партии, перепад влажности по толщине досок и уровень остаточных напряжений, тем выше качество сушки и, следовательно, категория.

Можно предположить, что надежность результатов количественной оценки качества сушки должна зависеть лишь от точности соблюдения описанной в РТМ методики определения соответствующих показателей. Однако на практике далеко не всегда удается точно следовать указаниям этой методики, получать однозначные результаты и их интерпретировать. Представляется, что это во многом связано с излишней краткостью и схематичностью изложения методик определения показателей качества в РТМ.

При определении средней влажности партии пиломатериалов сушильно-весовым способом существенных трудностей, как правило, не возникает. В то же время использование игольчатого электровлажгомера ограничено досками толщиной 40 мм. Представляется, что такое ограничение совершенно не обосновано, что подтверждает многолетняя отечественная и зарубежная практика. В ГОСТе 16588, на который дана ссылка в РТМ, рекомендуется электроды электровлажгомера вводить в древесину на всю глубину, независимо от толщины материала. Очевидно, что результаты замеров влажности в досках разной толщины не всегда будут отражать реальную среднюю влажность, что наглядно иллюстрирует рис. 1. В тонкой доске (рис. 1а) при данной длине электродов будет измерена влажность центрального слоя, которая, как правило, выше средней и, тем более, поверхностной влажности. В толстой доске (рис. 1б) те же электроды проникнут в древесину примерно на одну треть толщины, и показания влагомера будут отражать среднюю влажность. Именно на такой глубине европейский стандарт EN 13183-2 [2] рекомендует измерять среднюю влажность пиломатериалов.

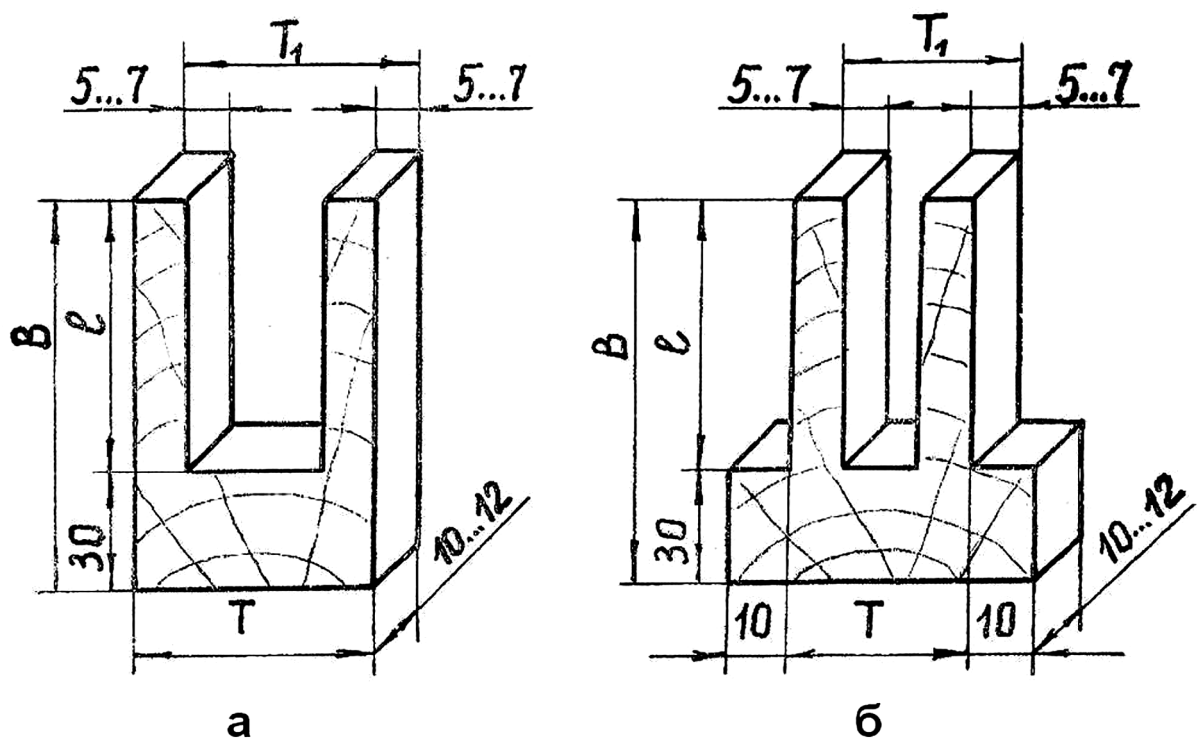


Рис. 3. Схема раскроя секций напряжений для пиломатериалов толщиной до 40 мм (а) и свыше 40 мм (б)

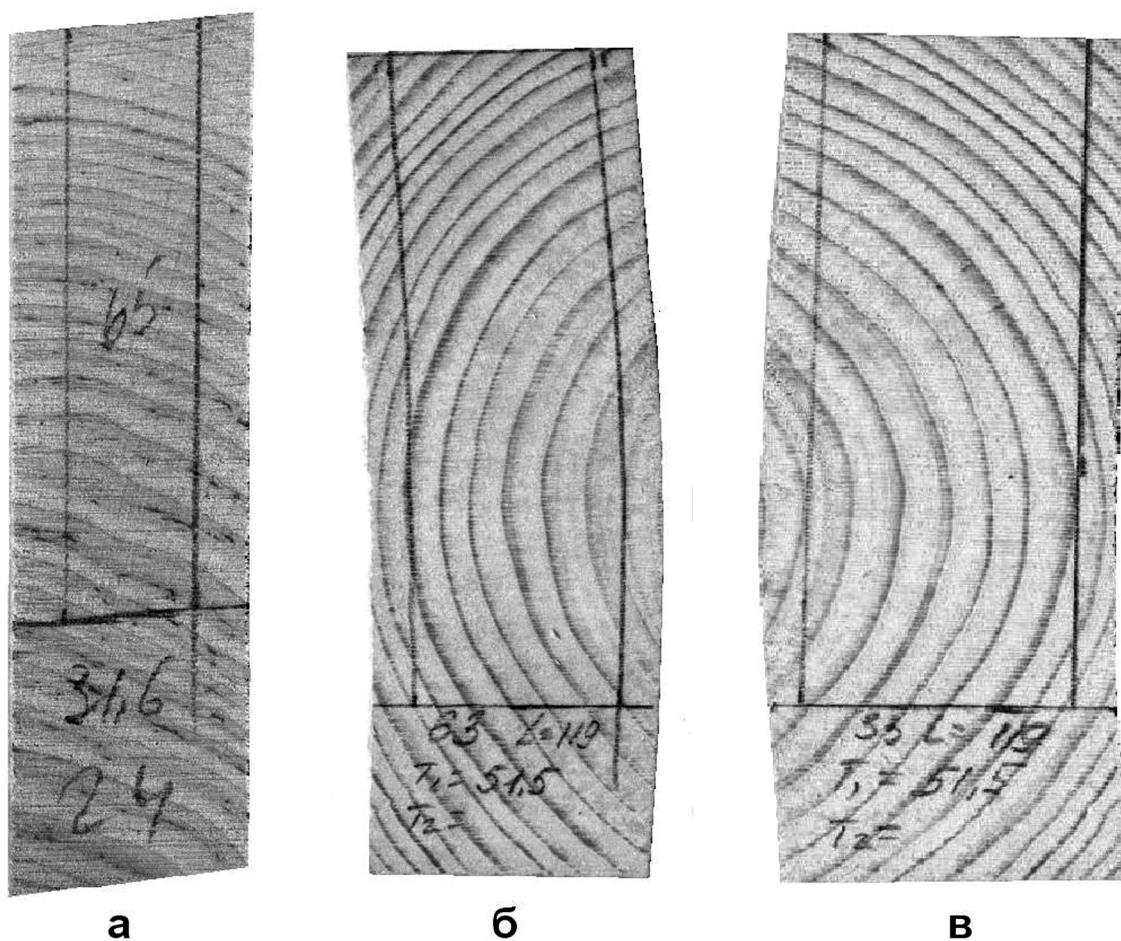


Рис. 4. Варианты раскроя силовых секций, выпиленных из покоробленных досок

Некоторая неопределенность возникает при определении перепада влажности по толщине покоробленных досок, поскольку в РТМ приводятся схемы раскроя лишь идеальных прямоугольных секций послойной влажности. Очевидно, что при любом раскрое искривленных секций послойной влажности получить одинаковые поверхностные слои не представляется возможным (рис. 2). Вероятно, при раскрое таких секций следует стремиться к тому, чтобы поверхностные слои имели одинаковую площадь или среднюю толщину. В противном случае возможна существенная ошибка при определении перепада влажности по толщине материала.

С более существенными проблемами часто приходится сталкиваться при контроле остаточных напряжений в высушенных пиломатериалах. В соответствии с рекомендациями РТМ уровень остаточных напряжений следует контролировать в пиломатериалах, высушиваемых по I и II категориям качества сушки. Для I категории относительная деформация зубцов силовой секции не должна превышать 1,5 %, а для II категории – 2 %, т. е. всего лишь на одну треть больше. В то же время толщина зубцов силовых секций может варьироваться в достаточно широких пределах от 5 до 7 мм (рис. 3). Ясно, что при прочих равных условиях после раскроя силовой секции более тонкий зубец толщиной 5 мм отклонится от первоначального положения заметно больше, чем более толстый зубец толщиной 7 мм. В пограничной ситуации при небольших остаточных напряжениях, когда относительная деформация зубцов близка к 1,5–2 %, дополнительная силовая секция с максимально допустимой толщиной зубцов 7 мм может показать относительную деформацию менее 1,5 %, что соответствует I категории качества сушки. Но если толщина зубцов будет равна 5 мм, то, как не редко случается на практике, их относительная деформация может превысить 1,5 % и даже 2 %, что равносильно отнесению оцениваемого материала ко II или III категории качества сушки соответственно. Таким образом, по названным причинам могут возникать се-

рьезные ошибки при оценке качества сушки пиломатериалов.

Другая проблема, с которой нередко приходится сталкиваться при контроле остаточных напряжений, связана с разметкой силовых секций, выпиленных из пиломатериалов с поперечным короблением (рис. 4). Это связано с тем, что предлагаемая в РТМ схема раскроя секций напряжений (рис. 3) рассчитана лишь на пиломатериалы с идеальной геометрией. В описании методики контроля остаточных напряжений нет информации о том, как раскраивать непрямоугольные силовые секции. Если, например, в результате сушки форма поперечного сечения стала трапецевидной, что характерно для досок радиальной распиловки, то в этом случае еще имеется возможность выпилить параллельные друг другу ровные зубцы одинаковой толщины (рис. 4а). Однако полученная форма двузубой гребенки будет все-таки отличаться от рекомендуемой формы. Но как правильно разметить секцию, выпиленную из покоробленной доски смешанной или тангенциальной распиловки, для которых характерна поперечная покоробленность? Можно попытаться выпилить зубцы одинаковой толщины, но в этом случае они не будут прямыми, как требует РТМ (рис. 4б). Если же зубцы выпилить прямыми, то их толщины будут разными, что также не соответствует схеме раскроя в РТМ. Проведенные эксперименты показывают, что относительный изгиб зубцов, а следовательно, и результат оценки качества сушки пиломатериалов, существенно зависит от принятой схемы раскроя.

С учетом важности поставленных вопросов в дальнейшей работе предполагается на базе современного отечественного и зарубежного опыта уточнить существующую методику оценки качества сушки пиломатериалов.

Библиографический список

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушке древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. – 143 с.
2. EN13183-2. Moisture content of a piece of sawn timber. Estimation by electrical resistance method.

О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ СУШКЕ

А.А. КОСАРИН, *ст. преподаватель каф. сушки и защиты древесины МГУЛ*,
 А.И. РАСЕВ, *проф. каф. сушки и защиты древесины МГУЛ*

kosarin@mgul.ac.ru

Влажность древесины является одним из основных показателей ее качества, оказывает большое влияние на физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства древесины. Точное и быстрое определение конечной влажности древесины при сушке имеет большое значение в технологии деревообработки.

При конвективной сушке пиломатериалов контроль влажности древесины в камере ведется весовым (способ контрольных образцов) или электрическим (стационарными или переносными кондуктометрическими влагомерами) способами. Возможны и другие способы контроля – по весу штабеля, по его усадке, диэлектрической проницаемости и пр. Однако последние широкого распространения не получили.

Весовой способ является одним из основных при контроле влажности древесины в ходе сушки. К его недостаткам следует отнести:

- а) неточность определения массы образца в абсолютно сухом состоянии, вызванную неравномерным распределением влаги по его длине;
- б) возможное отклонение влажности образца от средней влажности материала в штабеле;
- в) трудоемкость подготовительных и контрольных операций;
- г) необходимость заходов обслуживающего персонала в камеру;
- д) несоответствие условий сушки контрольного образца с условиями сушки материала в штабеле.

Электрический способ контроля текущей влажности пиломатериалов, основанный на применении кондуктометрических влагомеров, также имеет ряд недостатков:

- а) вводимые в древесину датчики отображают влажность только тех досок, в которых они установлены;

- б) использование проводов затрудняет загрузочно-разгрузочные операции;

- в) в большинстве случаев необходимо использовать поправочные таблицы на температуру и породу древесины;

- г) измерительные элементы при формировании штабеля пакетным способом, как правило, вводятся в верхние доски пакета, где толщина межпакетной прокладки составляет от 70 до 100 мм;

- д) искажение показаний за счет окисления контактов.

При анализе механизма **импульсной сушки** пиломатериалов было установлено, что в период паузы имеет место выравнивание влажности по толщине сортимента. Это хорошо иллюстрируют кривые распределения влажности по толщине доски [2], полученные как в результате анализа физических явлений, проходящих при сушке в период паузы, так и результаты экспериментального исследования.

При анализе кривых изменения средней влажности штабеля и равновесной влажности во времени, полученных в результате значительного количества производственных сушек пиломатериалов различных пород и толщин, прослеживается связь между средней конечной влажностью и равновесной влажностью в камере в конце стадии «пауза».

Эти обстоятельства дают основание для разработки способа контроля текущей влажности пиломатериалов по состоянию сушильного агента, зарегистрированного в конце стадии «пауза». Разработка способа базируется на анализе кривых изменения средней текущей влажности пиломатериалов и равновесной влажности на всех стадиях процесса сушки по результатам проведенных сушек.

Аналізу были подвергнуты 12 промышленных сушек пиломатериалов. Из карт

Разность между средней влажностью пиломатериалов штабеля и равновесной влажностью

| Порода | Толщина, мм | Средняя влажность древесины, W_{cp} , % | Равновесная влажность, W_p , % | Разность между средней и равновесной влажностью, ΔW , % |
|--------|-------------|---|----------------------------------|---|
| Сосна | 32 | 25 | 9,4 | 15,6 |
| | | 15 | 6,2 | 8,8 |
| | | 12 | 5,3 | 6,7 |
| | | 6,5 | 4 | 2,5 |
| Сосна | 32 | 22,4 | 12 | 10,4 |
| | | 15 | 8,8 | 6,2 |
| | | 12 | 7 | 5,0 |
| | | 8,1 | 4,5 | 3,6 |
| Сосна | 50 | 6 | 4,4 | 2,6 |
| Береза | 50 | 25,8 | 9,4 | 16,4 |
| | | 17 | 6,3 | 10,7 |
| | | 12,8 | 5,4 | 7,4 |
| | | 7,4 | 4 | 3,4 |
| Береза | 50 | 26,8 | 9,5 | 17,3 |
| | | 18,6 | 5,9 | 12,7 |
| | | 12,6 | 5,2 | 7,4 |
| | | 7,6 | 4,3 | 3,3 |
| Береза | 32 | 5,9 | 4,6 | 1,3 |
| Ольха | 32 | 25,3 | 8,9 | 16,4 |
| | | 13,8 | 5,3 | 7,2 |
| | | 11,7 | 4,5 | 7,2 |
| | | 6,5 | 4,1 | 2,4 |
| Бук | 35 | 25 | 11,4 | 13,6 |
| | | 15 | 9,6 | 5,4 |
| | | 12 | 8,5 | 3,5 |
| | | 8,4 | 5,8 | 2,6 |
| Ясень | 25 | 25 | 14,4 | 10,6 |
| | | 15 | 8,5 | 6,5 |
| | | 12 | 6,8 | 5,2 |
| | | 7,1 | 5,5 | 1,6 |
| Ясень | 32 | 6 | 4,8 | 1,2 |
| | | 6 | 4,3 | 1,8 |
| Дуб | 32 | 26,3 | 10,8 | 15,5 |
| | | 15,2 | 6,5 | 8,7 |
| | | 11,2 | 6,2 | 5,0 |
| | | 8,3 | 5,1 | 3,2 |

Т а б л и ц а 2

Результаты статистической обработки зависимости $W_{cp} = f(\Delta W)$

| Влажность, % | \bar{X} , % | S , % | V , % | $S_{\bar{x}}$, % | d_a , % | $t_a \cdot S_{\bar{x}}$ *, % |
|--------------|---------------|---------|---------|-------------------|-----------|------------------------------|
| 7 | 4,7 | 0,59 | 12,7 | 0,17 | 8,1 | 0,38 |
| 12 | 6,1 | 1,02 | 16,8 | 0,36 | 14,0 | 0,86 |
| 15 | 7,1 | 1,26 | 17,7 | 0,45 | 14,8 | 1,06 |

* $t_a \cdot S_{\bar{x}}$ является двухсторонним доверительным интервалом

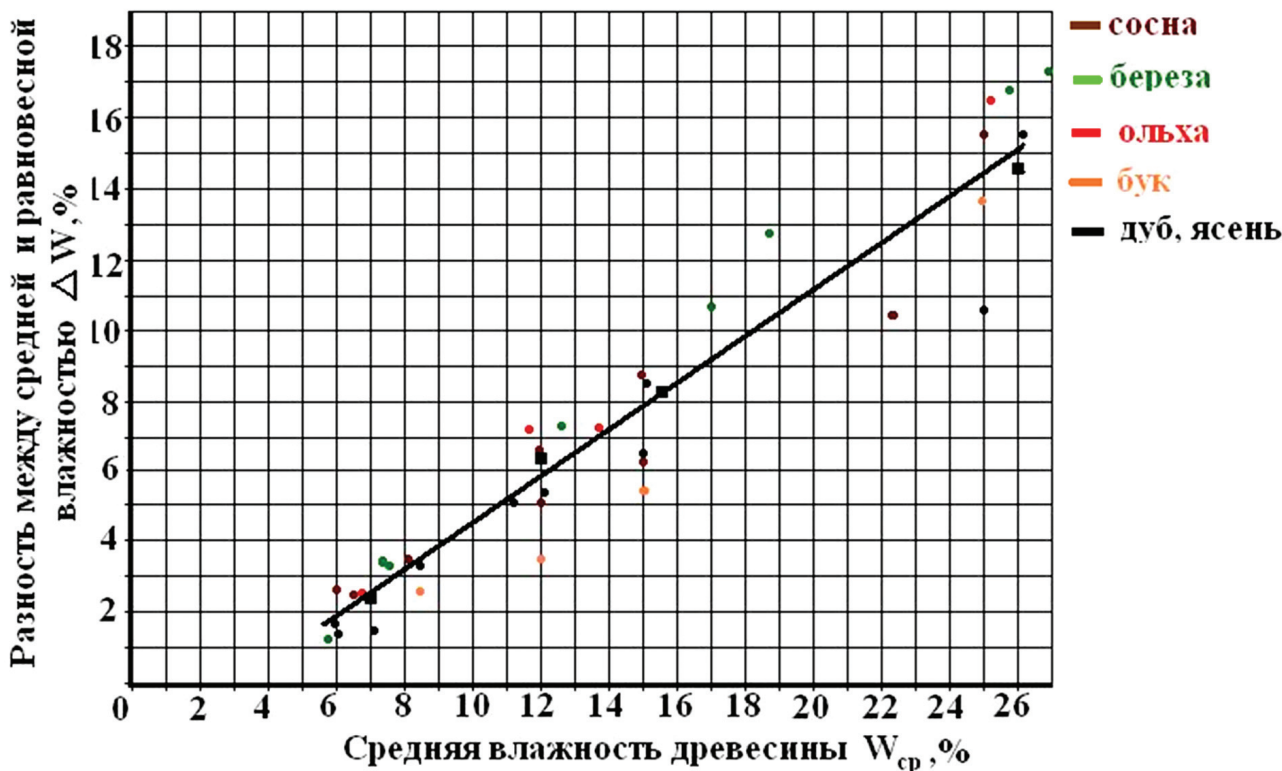


Рис. 1. График зависимости $W_{ср} = f(\Delta W)$

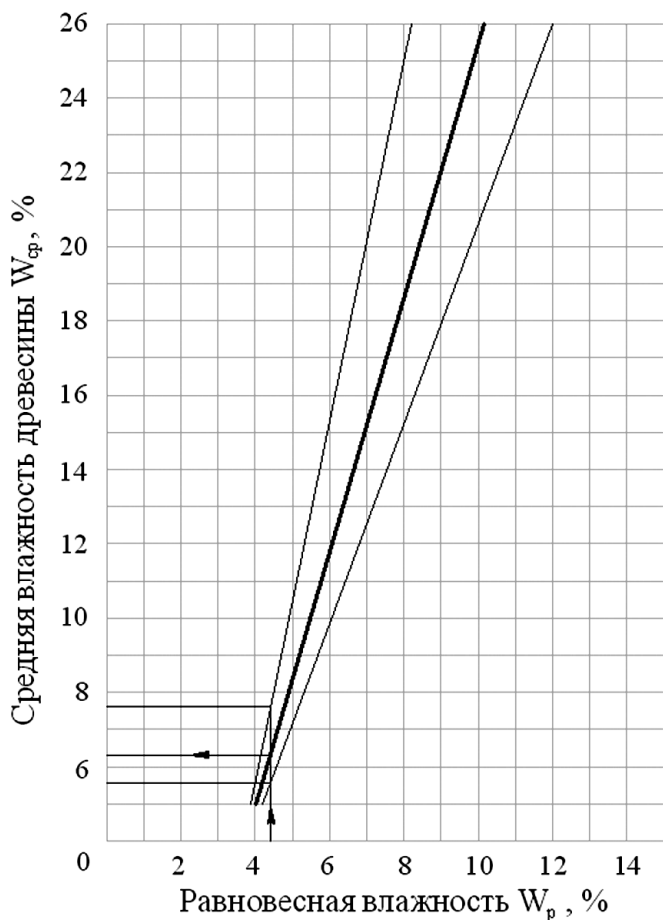


Рис. 2. График зависимости $W_{ср} = f(W_p)$

этих сушек (архивированных с помощью программы «Oven process manager») были извлечены данные температуры и степени насыщенности сушильного агента при средней влажности пиломатериалов $W_{ср}$, близким к величинам 25, 15, 12 %, и конечной влажности 6...7 %. Далее по температуре и степени насыщенности устанавливалось соответствующее этим величинам значение равновесной влажности W_p . Находилась разность ΔW между средней влажностью пиломатериалов и равновесной влажностью. Результаты выборов представлены в табл. 1.

На рис. 1 представлена графическая зависимость средней конечной влажности от разности между средней и равновесной влажностью $W_{ср} = f(\Delta W)$. Предварительный ее анализ показывает, что порода и толщина пиломатериалов оказывают несущественное влияние на отклонение ΔW от его среднего значения. Основным фактором является величина средней конечной влажности $W_{ср}$.

Дальнейший анализ полученных результатов проводился путем определе-

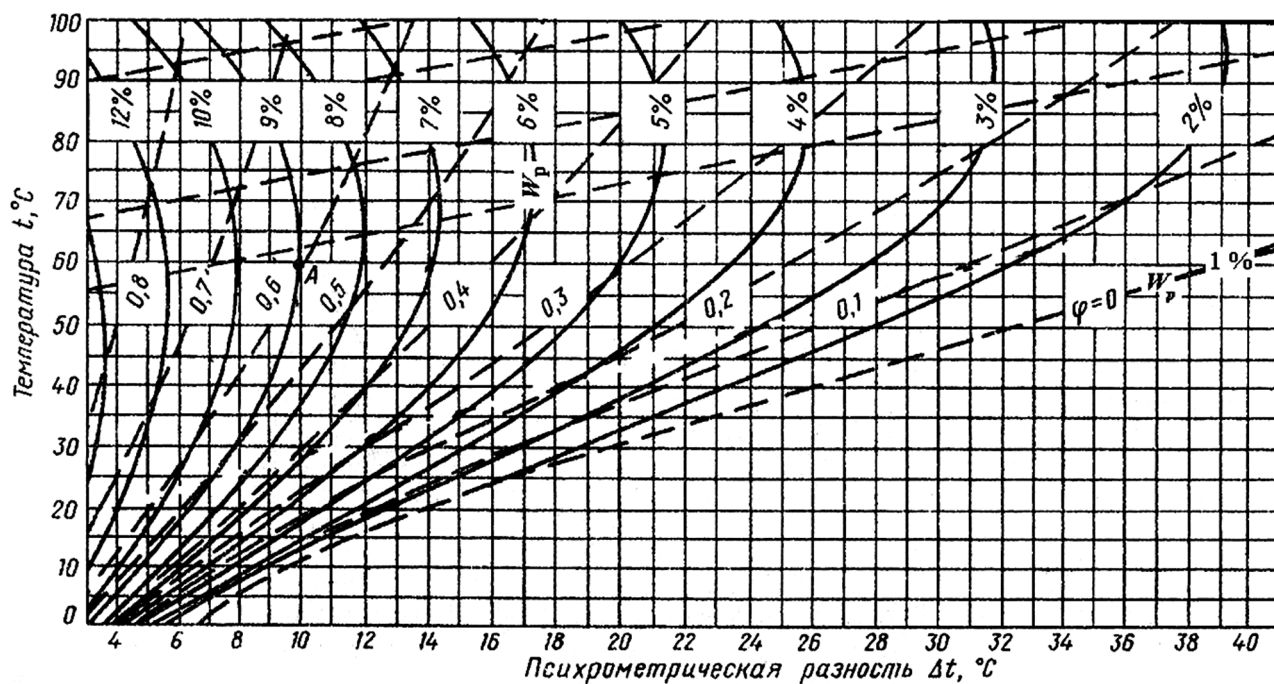


Рис. 3. Диаграмма равновесной влажности (Кречетов И.В.)

ния основных статистических показателей с использованием программы «EXCEL». Результаты этой обработки представлены в табл. 2. Поскольку $t_a \cdot S_{\bar{X}}$ является двухсторонним доверительным интервалом среднего значения, то допустимо записать соотношение

$$W_{cp} - t_{\alpha} \cdot S_{\bar{X}} \leq W_{cp} \leq W_{cp} + t_{\alpha} \cdot S_{\bar{X}}. \quad (1)$$

На основании результатов экспериментальных данных и их статистической обработки построен график зависимости средней влажности W_{cp} от величины равновесной влажности W_p (рис. 2) в диапазоне величины конечной влажности 6...24 %. Используя соотношение (1), на график нанесли дополнительные линии, характеризующие границы доверительного интервала изменения среднего значения.

Анализ полученной зависимости показывает следующее:

- точность измерения средней конечной влажности повышается при меньших ее величинах; так, при конечной влажности $W_{cp} = 20\%$ вероятный двухсторонний интервал ее колебаний составляет $\sim 10\%$, при $W_{cp} = 7\%$ этот интервал равен всего 3% ;

- при средней влажности $W_{cp} > 11\%$ точность измерения находится в диапазоне, превышающем допустимые отклонения отдельных досок для I...III категорий качества сушки [4];

- конечная влажность может быть определена с достаточной для производства точностью в диапазоне от 6 до 11 %.

Величина равновесной влажности может быть определена по любой из известных диаграмм в зависимости от состояния сушильного агента в камере в конце стадии «пауза». Для этой цели наиболее удобна диаграмма равновесной влажности (рис. 3), построенная проф. И.В. Кречетовым [5] в координатах: температура t – психрометрическая влажность Δt .

Таким образом, процедура определения конечной влажности пиломатериалов сводится к следующему:

- по диаграмме равновесной влажности, в зависимости от температуры t и психрометрической влажности Δt сушильного агента, находится величина равновесной влажности W_p ;

- по графику зависимости средней влажности пиломатериалов от равновесной влажности в камере на момент окончания стадии «пауза» $W_{cp} = f(W_p)$ определяется величина конечной средней влажности штабеля.

При импульсной сушке пиломатериалов возможно с достаточной для производства точностью в диапазоне от 6 до 11 % определить конечную влажность древесных сортиментов в камере.

Графически показана зависимость текущей влажности древесины от равновесной влажности.

Библиографический список

1. Косарин, А.А. Способ контроля текущей влажности древесины при сушке импульсными режимами / А.А. Косарин, Г.Н. Курышов // Сб. науч. тр. МГУЛ. – 2007. – Вып. 338. – С. 29–31.
2. Косарин, А.А. Особенности импульсной сушки пиломатериалов / А.А. Косарин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 4. – С. 119–125.
3. Косарин, А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие / А.А. Косарин, А.И. Расев. – М.: ФОРУМ, 2010. – 416 с.
4. Расев, А.И. Тепловая обработка и сушка древесины: учебник для вузов / А.И. Расев. – М.: МГУЛ, 2009. – 360 с.
5. Кречетов, И.В. Сушка древесины. Изд.4-е, переработанное и дополненное / И.В. Кречетов. – М.: БРИЗ, 1997. – 496 с.

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА РАСЕВА



6 апреля 2012 г. ушел из жизни признанный ведущий специалист в области сушки и защиты древесины **Расев Александр Иванович**, профессор, заведующий кафедрой сушки и защиты древесины Московского государственного университета леса.

Более полувека Александр Иванович проработал в стенах университета. Его отличала преданность науке, творческая энергия, завидная работоспособность. Он внес существенный вклад в становление кафедры, будучи прекрасным лектором, педагогом, имевшим большой авторитет среди студентов и преподавателей.

Сфера его научно-производственной деятельности была весьма широка. Александр Иванович занимался разработкой новых сушильных технологий, оборудованием для сушки измельченной древесины и пиломатериалов, технологией и оборудованием для совмещенной сушки-пропитки и глубокой пропитки древесины.

Им опубликовано более сотни печатных работ, в том числе учебник «Сушка древесины», получено 12 авторских свидетельств и 4 патента.

Расеву Александру Ивановичу было 76 лет.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦВЕТА ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Ю.П. СЕМЕНОВ, *проф. каф. теплотехники МГУЛ, д-р техн. наук,*
М.Г. ЕРМОЧЕНКОВ, *доц. каф. теплотехники МГУЛ, канд. техн. наук,*
Т.Е. КУВИК, *асп. каф. теплотехники МГУЛ*

semenov@mgul.ac.ru; t_kuvik@mail.ru; ermochenkov@mgul.ac.ru

Термическое модифицирование древесины занимает внимание ученых с начала 20-го века. С тех пор исследовался пиролиз как отдельных структурных компонентов древесины: целлюлозы, гемицеллюлоз, лигнина, так и древесины в целом. Первые исследования пиролиза древесины методом термического анализа были проведены В.Н. Сергеевой и А.Я. Вайвадс (1954 г.). Они выделили три основные экзотермические реакции древесины березы, протекающие при температурах 259, 411 и 532°C. Авторы отнесли эти реакции к реакциям распада гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина соответственно [1].

Однако до настоящего времени существовала трудность в определении и отделении стадий термической деструкции древесины. В связи с этим в научной литературе наблюдается значительное расхождение в значениях кинетических параметров, полученных

разными учеными. Появление нового метода расчета кинетики многостадийных реакций термической деструкции материалов, разработанного Б.А. Шведовым [2], позволило провести расчет кинетических параметров термической деструкции древесины.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований и математического расчета кинетических параметров термической деструкции древесины некоторых пород. В работе представлены две породы – береза и сосна. Это связано с их широким распространением в лесах европейской части России, и в связи с этим использование их для термического модифицирования наиболее перспективно.

Для определения кинетических параметров термической деструкции были проведены термогравиметрические эксперименты на вакуумной установке, описанной в [2] на

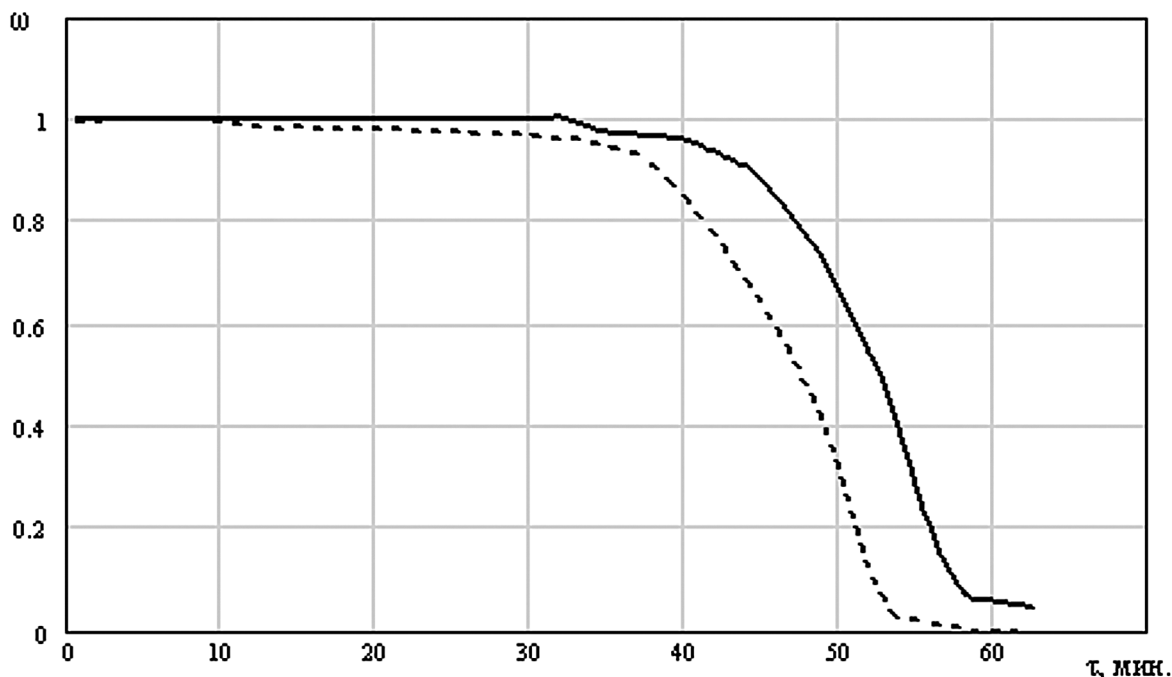


Рис. 1. Экспериментальные ТГ-кривые степени термической деструкции древесины от времени обработки (температура нагрева 7 °С/мин.): — – сосна; ----- – береза

Кинетические параметры термической деструкции

| Номер стадии | Степень разложения древесины, ω_j | | Энергия активации E_j , кДж/моль | | Частотный фактор A_j , с ⁻¹ | |
|--------------|--|-------|------------------------------------|--------|--|-----------------------|
| | Береза | Сосна | Береза | Сосна | Береза | Сосна |
| 1 | 0,146 | 0,024 | 480,63 | 454,61 | $2,377 \cdot 10^{51}$ | $4,857 \cdot 10^{50}$ |
| 2 | 0,168 | 0,128 | 192,39 | 132,19 | $1,362 \cdot 10^{18}$ | $1,783 \cdot 10^{12}$ |
| 3 | 0,215 | 0,341 | 244,6 | 170,77 | $2,784 \cdot 10^{21}$ | $3,482 \cdot 10^{14}$ |
| 4 | 0,345 | 0,418 | 322,08 | 247,92 | $2,623 \cdot 10^{26}$ | $1,346 \cdot 10^{20}$ |
| 5 | 0,1 | 0,088 | 72,09 | 153,23 | $6,517 \cdot 10^4$ | $2,338 \cdot 10^{10}$ |

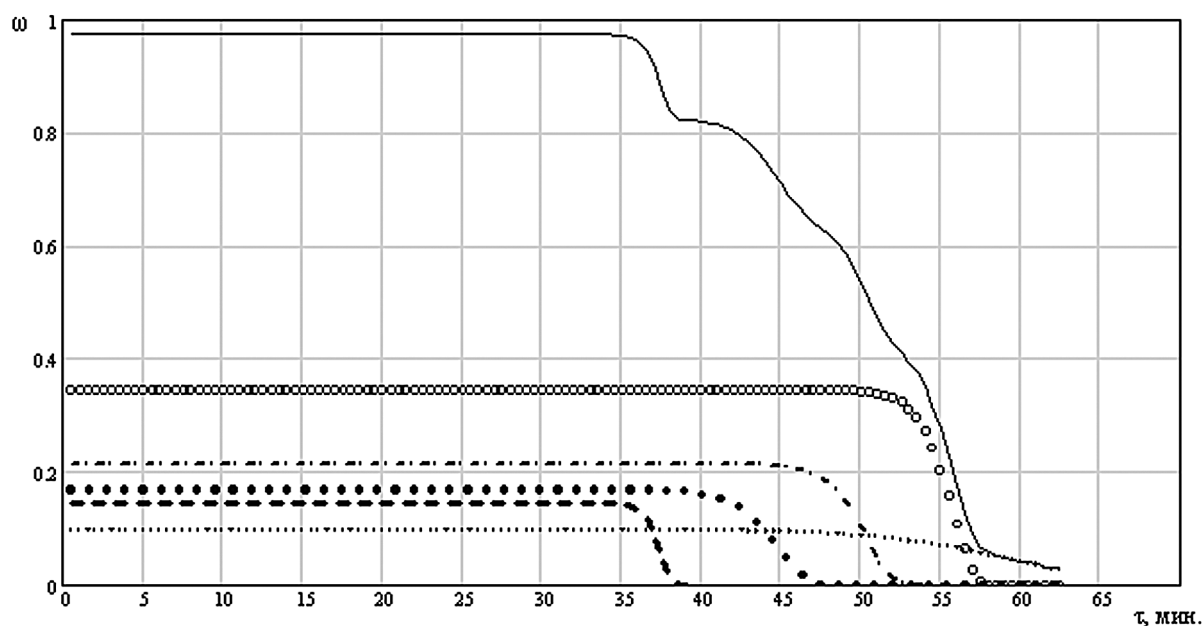


Рис. 2. Зависимость расчетной степени термической деструкции древесины березы от времени обработки: — — общая степень термической деструкции, ω ; — — — — — степень термической деструкции первой стадии, ω_1 ; •••••••• — степень термической деструкции второй стадии, ω_2 ; — • — • — степень термической деструкции третьей стадии, ω_3 ; ○○○○○○ — степень термической деструкции четвертой стадии, ω_4 ; — степень термической деструкции пятой стадии, ω_5

древесине березы и сосны. Образцы нагревались с постоянным темпом нагрева до полной деструкции древесины. Конечная температура составляла 600°C.

На рис. 1 показаны кривые зависимости степени разложения древесины сосны и березы от температуры и времени нагрева.

По полученным термогравиметрическим кривым были рассчитаны кинетические параметры термической деструкции древесины сосны и березы (таблица). Математическая обработка проводилась с помощью метода, изложенного в [2]. Можно отметить сопоставимость полученных кинетических параметров обеих пород.

На рис. 2 представлена расчетная ТГ-кривая степени термической деструкции древесины березы, а также проиллюстрирован

вклад каждой стадии термической деструкции.

По графику на рис. 2 можно оценить скорость протекания деструкции, время начала и окончания каждой стадии.

На рис. 3 представлены аналогичные данные для древесины сосны.

Известно, что свойства термомодифицированной древесины меняются в результате изменений, происходящих в ее структуре в процессе высокотемпературного нагрева без доступа кислорода. Как любой физико-химический процесс, термическая деструкция древесины может быть описана уравнением Аррениуса

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \omega \cdot A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT(\tau)}\right), \quad (1)$$

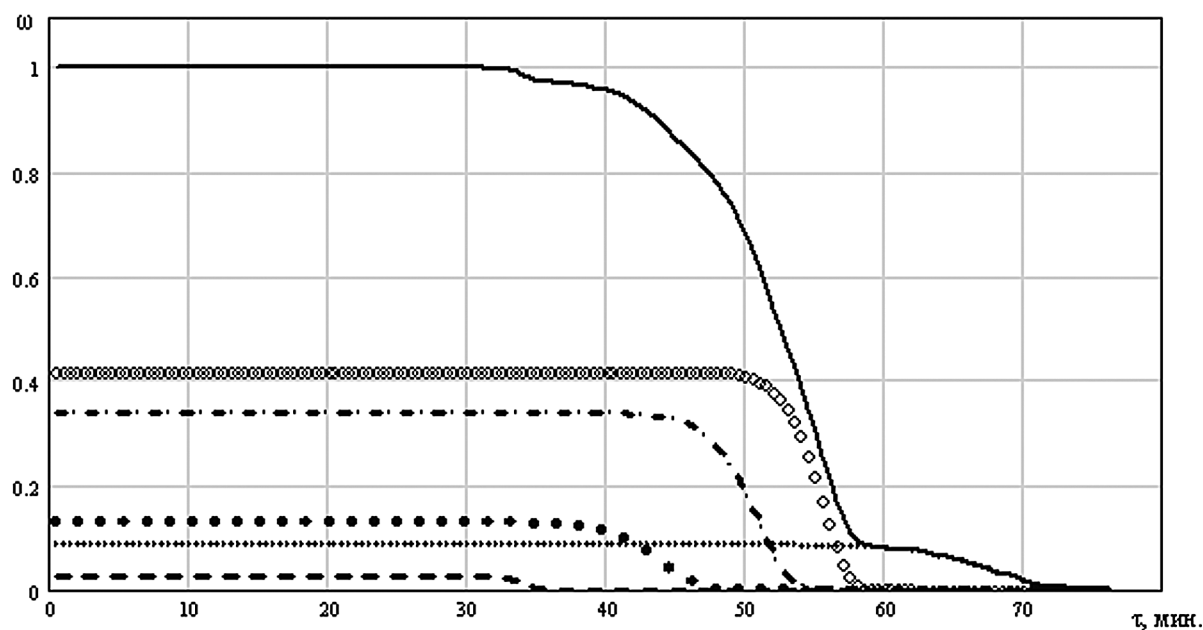


Рис. 3. Зависимость расчетной степени термической деструкции древесины сосны от времени обработки: — — общая степень термической деструкции, ω ; — — — — — степень термической деструкции первой стадии, ω_1 ; ••••• — степень термической деструкции второй стадии, ω_2 ; — • — • — степень термической деструкции третьей стадии, ω_3 ; ○○○○○ — степень термической деструкции четвертой стадии, ω_4 ; — степень термической деструкции пятой стадии, ω_5 .

где A – частотный фактор, c^{-1} ;
 E – энергия активации, Дж/моль;
 R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);
 $T(\tau)$ – температура, как функция времени, К;
 ω – степень термической деструкции, безразмерная величина.

В уравнении 1 ω – степень термической деструкции, концентрация веществ, вступающих в реакцию. Для древесины это удельная масса компонентов древесины, вступающих в реакцию. Так как в древесине несколько структурных компонентов, можно предположить, что скорости их разложения будут различны. В таком случае можно записать уравнение Аррениуса для многостадийных процессов

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \sum_{j=1}^m \omega_j^{n_j} \cdot A_j \cdot \exp\left(-\frac{E_j}{RT(\tau)}\right), \quad (2)$$

Зная кинетические параметры, входящие в это уравнение (A , E , ω), задав температуру и продолжительность обработки, можно вычислить степень разложения каждой стадии. На рис. 4 представлены графики такого расчета для древесины сосны $t = 260^\circ\text{C}$, $\tau = 1$ час.

Как видно из графика, первая стадия завершилась полностью в самом начале нагрева, вторая стадия протекает в течение первых 10 мин и завершается, третья стадия протекает до конца нагрева и не завершается полностью, кроме этого начинает идти четвертая стадия, ее выход незначителен, пятая стадия деструкции не протекает при заданной температуре.

Зависимость цвета термомодифицированной древесины от степени разложения в неявном виде представлена уравнением

$$F(\omega) = \sum_{i=1}^n f_i(\omega_i), \quad (3)$$

где ω_i – степень завершения i -ой стадии;
 n – число стадий, участвующих в процессе;
 $f_i(\omega_i)$ – функциональная зависимость цветовой характеристики древесины от степени завершения i -ой стадии;
 $F(\omega_i)$ – суммарное воздействие всех стадий, влияющих на цветовые характеристики термомодифицированной древесины.

Для математической оценки цветовых характеристик древесины была использована

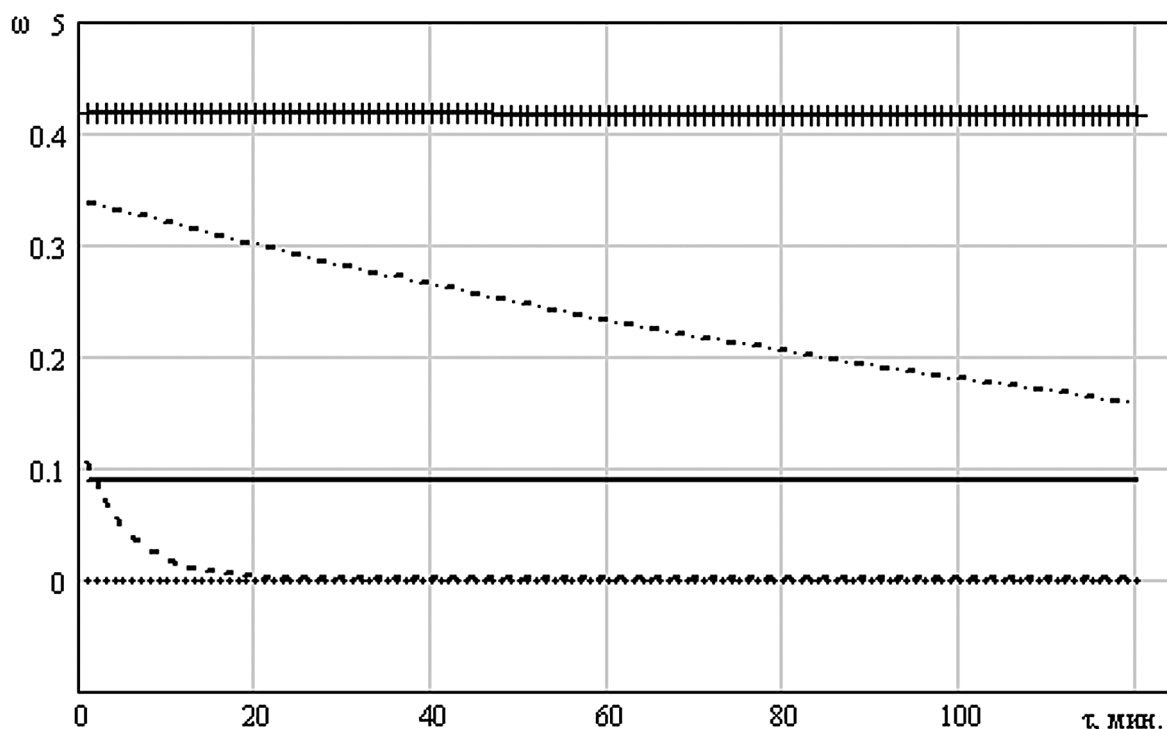


Рис. 4. Степень разложения каждой стадии термически модифицированной древесины в процессе нагрева до 260 °С: – ω1, степень разложения первой стадии; ---- – ω2, степень разложения второй стадии; - · - · - ω3, степень разложения третьей стадии; ++++ – ω4, степень разложения четвертой стадии; — — ω5, степень разложения пятой стадии

система разложения цвета на RGB составляющие. И для каждой составляющей математическая зависимость цвета от степени термической деструкции была представлена в виде уравнения регрессии

$$R(\sum_{i=1}^n \omega_i) = R_0 + a_1 \omega_1 + a_2 \omega_1^2 + \dots + a_{k-1} \omega_n + a_k \omega_n^2, \quad (4)$$

$$G(\sum_{i=1}^n \omega_i) = G_0 + b_1 \omega_1 + b_2 \omega_1^2 + \dots + b_{k-1} \omega_n + b_k \omega_n^2, \quad (5)$$

$$B(\sum_{i=1}^n \omega_i) = B_0 + c_1 \omega_1 + c_2 \omega_1^2 + \dots + c_{k-1} \omega_n + c_k \omega_n^2, \quad (6)$$

где R, G, B – составляющие цвета;

R_0, G_0, B_0 – начальные значения составляющих цвета для натуральной древесины;

a_k, b_k, c_k – коэффициенты регрессии;

ω_i – степень превращения i -ой стадии;

n – число стадий термической деструкции.

Для представления функциональной зависимости свойств термомодифицированной древесины от степени термической деструкции в явном виде были проведены экспериментальные исследования.

В результате математической обработки экспериментальных данных зависимость

цвета древесины от степени термической деструкции были получены функциональные зависимости для березы и сосны. В эти уравнения входят переменные ω_i – степень термической деструкции i -ой стадии. В ходе работы на основании регрессионного анализа было установлено, что при термическом модифицировании березы на цвет влияет первая и вторая стадии термической деструкции. При термическом модифицировании сосны – вторая и третья стадии. В зависимости от степени их завершения цвет древесины будет меняться от светло-коричневого до черного.

$$R_b = 251 - 624 \cdot \omega_1 - 690 \cdot \omega_2, \quad (7)$$

$$G_b = 186 - 576 \cdot \omega_1 - 387 \cdot \omega_2, \quad (8)$$

$$B_b = 144 - 543 \cdot \omega_1 - 74 \cdot \omega_2, \quad (9)$$

$$R_s = 251 - 967 \cdot \omega_2 - 235 \cdot \omega_3, \quad (10)$$

$$G_s = 177 - 829 \cdot \omega_2 - 67 \cdot \omega_3, \quad (11)$$

$$B_s = 120 - 570 \cdot \omega_2 - 21 \cdot \omega_3, \quad (12)$$

где $R_b, G_b, B_b, R_s, G_s, B_s$ – составляющие цвета в системе разложения RGB для березы и сосны соответственно.

Для проверки адекватности рассматриваемой математической модели было выполнено сравнение полученных результатов с ре-



Рис. 5. Зависимость *RGB* составляющих цвета термомодифицированной древесины сосны от температуры стационарного нагрева: расчетные данные по модели прогнозирования цвета; – данные Ахметовой Д.А. [3]

зультатами других исследователей. На рис. 5 представлены зависимости цветовых составляющих *R*, *G*, *B*, рассчитанные для различной температуры обработки $t = 160 \dots 240^\circ\text{C}$ (продолжительность нагрева во всех расчетах 5 часов). Также на рис. 5 нанесены экспериментальные кривые *R*, *G*, *B*, построенные по данным Ахметовой Д.А. [3]. Продолжительность и температура обработки в экспериментах и расчетах одинаковы; режим нагрева – стационарный; среда обработки – вакуум.

Также было выполнено сравнение с данными финляндских исследователей [4]. Научным исследовательским центром VTT получена зависимость цветового показателя *L* от температуры обработки. Было установлено удовлетворительное совпадение данных

финляндских исследователей с данными, полученными по представленной модели.

Таким образом, на основе проведенных проверок можно сделать вывод о работоспособности предлагаемой математической модели для прогнозирования цветовых характеристик термомодифицированной древесины.

Библиографический список

1. Кислицын, А.Н. Пиролиз древесины: химизм, кинетика, продукты, новые процессы / А.Н. Кислицын. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 312 с.
2. Шведов, Б.А. Дисс. ... д-ра техн. наук / Б.А. Шведов. – М.: 1990. – 542 с.
3. Ахметова, Д.А. Дисс. ... канд. техн. наук / Д.А. Ахметова. – Казань, 2009. – С. 97–101.
4. Финская ассоциация термообработки древесины: Справочник «Термовуд» – /[http:// www.termowood.fi](http://www.termowood.fi)

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.М. РЫБИН, проф. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ, д-р техн. наук,
В.Г. САНАЕВ, проф. каф. древесиноведения МГУЛ, д-р техн. наук,
Д.В. КИРИЛЛОВ, асс. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ

rybin@mgul.ac.ru

Во исполнение положений Федерального закона «О техническом регулировании» в Московском государственном университете леса разработаны проекты стандартов «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности» и «Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости». Стандартам будет присвоен статус межгосударственных,

что позволит выработать единую систему оценки качества поверхности изделий и деталей из древесины и древесных материалов на территории евразийского содружества и гармонизировать национальные стандарты с международными в области технологии деревообработки.

В основе разработанных стандартов использовались ГОСТ 7016-82 и ГОСТ 15612-85 соответственно на параметры ше-

роховатости и методы их измерения. В 80^х годах XX столетия методики, предложенные в этих стандартах, отвечали уровню мировых разработок. Так ГОСТ 7016-82 являлся одновременно стандартом стран членов СЭВ (СТ СЭВ 3503-81). В этих стандартах были предложены для оценки шероховатости поверхности древесных материалов современные параметры, позволяющие контролировать качество механической обработки. Кроме того, для измерения параметров шероховатости были предложены как оптические приборы, так и современные для того времени профилографы-профилометры завода «Калибр».

В настоящее время предусмотренные в ГОСТ 15612-85 оптические приборы МИС-11 и ТСП-4М, а также профилографы-профилометры завода «Калибр» моделей 201, 252, 283 и др. по тем или иным причинам сняты с производства. Отсюда в разрабатываемых стандартах необходимо было определиться с техникой измерения параметров шероховатости на поверхностях древесины и древесных материалов. Сложность заключалась в том, что поверхности древесины и древесных материалов после механической обработки резанием имеют неровности, значительно отличающиеся по высоте и шагу. Так, после рамного пиления высота неровностей достигает значения более 1500 мкм, а после чистового шлифования поверхности натуральной древесины или шпона под отделку жидкими лакокрасочными материалами – менее 16 мкм. Значительное отличие имеют также шаговые характеристики неровностей на древесине и древесных материалах.

В настоящее время в результате повышенного темпа строительства зданий жилого типа используются значительные объемы натуральной древесины в виде досок полов и других конструкций, поверхности которых получены в результате продольного фрезерования. ГОСТы 80^х годов не предусматривали оценку возникающей при таких видах обработки кинематической волнистости как доминирующего вида неровностей, а также анатомических неровностей. Последнее имеет особое значение в современной практике,

так как на отечественный рынок поступает значительное количество натуральной древесины тропических и других стран, имеющих анатомические неровности в поверхностном слое, превосходящие по удельному весу неровности, образующиеся в результате механической обработки. Кроме того, в технологии деревообработки за последние 20 лет появились материалы повышенного спроса, такие как моноструктурные плиты, плиты с ориентированным расположением древесных частиц, структурированный шпон, качество поверхности которых было недостаточно изучено с точки зрения предельно допустимых значений параметров шероховатости.

В отечественной и зарубежной практике [1, 2] появились разработки, позволяющие для определения параметров шероховатости использовать более современные методики и более современную приборную базу для контроля шероховатости поверхности древесных материалов. В их основе лежат профильно-контактные приборы, позволяющие в предусмотренной области измерений в автоматическом режиме фиксировать значительное количество разнообразных параметров шероховатости контролируемой поверхности. При разработке стандартов на параметры шероховатости и методы их определения были решены все перечисленные задачи и предусмотрены особенности использования новинок современного уровня.

В основу предлагаемых стандартов были взяты следующие параметры шероховатости: Rm_{max} , Rm , Rz , Ra , Sm .

Параметр шероховатости Rm_{max} используется при оценке качества поверхностей, на которых преобладают существенно отличающиеся друг от друга неровности величиной от 500 до 1600 мкм (пиломатериалы после раскроя, структурные неровности на поверхности древесных плит из крупно-размерных частиц). Его основным достоинством является простота определения с помощью индикаторного глубиномера, так как ни один из существующих профилографов-профилометров не способен работать на таких грубых поверхностях.

Значения параметра шероховатости Rm_{max} для различных древесных материалов и способов обработки

| Поверхности материалов и способы обработки | Значения параметра шероховатости Rm_{max} , мкм |
|--|---|
| Пиломатериалы после рамного распила – хвойных пород древесины – лиственных пород древесины | 500–1600 320–1250 |
| Пиломатериалы после распила ленточными пилами – хвойных пород древесины – лиственных пород древесины | 100–1600 100–800 |
| Пиломатериалы после пиления дисковыми пилами | 100–1250 |
| Пиломатериалы после пиления круглыми строгальными пилами | не более 200 |
| Древесина после продольного фрезерования | 32–320 |
| Шпон лущеный | не более 200 |
| Шпон строганый (листы для облицовки) – хвойных и лиственных кольцесосудистых пород древесины – лиственных рассеянососудистых пород древесины | не более 200 не более 100 |
| Структурированный шпон (листы для облицовки) | не более 200 |
| Древесные плиты ориентированной структуры из крупноразмерных частиц (OSB) | 200–800 |

Параметр шероховатости Rm_{max} – среднее арифметическое высот отдельных наибольших неровностей на поверхности определяется по формуле

$$Rm_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_{max_i}, \quad (1)$$

где H_{max_i} – расстояние от низшей точки впадины до высшей точки выступа i -й наибольшей неровности;

n – число неровностей (не менее пяти).

Предельные значения параметра шероховатости Rm_{max} для различных древесных материалов и способов обработки приведены в табл. 1.

Параметры шероховатости Rm , Rz , Sz по ГОСТ 15612-85 определялись при ручной обработке машинописных профилограмм от некоторой базовой линии (линии отсчета). Современные профилометры-профилографы способны обрабатывать профилограммы в автоматическом режиме от средней линии профиля m , что значительно упрощает и ускоряет работу. По этой причине в разрабатываемых стандартах была принята методика определения параметров шероховатости Rm , Rz , Ra и Sm от средней линии профиля по аналогии с международной практикой.

Параметр шероховатости Rm оценивает поверхностный слой материала, затронутый обработкой, и является одной из

слагаемых общей величины операционного припуска на обработку.

Параметр шероховатости Rm – расстояние между высшей точкой наибольшего выступа профиля и низшей точкой наибольшей впадины профиля в пределах базовой длины (рис. 1) определяется по формуле

$$Rm = y_{p_{max}} + y_{v_{max}}, \quad (2)$$

где $y_{p_{max}}$ – расстояние от средней линии профиля (m) до высшей точки наибольшего выступа профиля в пределах базовой длины;

$y_{v_{max}}$ – расстояние от средней линии профиля (m) до низшей точки наибольшей впадины профиля в пределах базовой длины.

Параметр шероховатости Rz (высота неровностей профиля по десяти точкам) – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля, измеренных от средней линии, в пределах базовой длины (рис. 1) определяется по формуле

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{p_i}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v_i}| \right), \quad (3)$$

где y_{p_i} – расстояние от средней линии профиля до высшей точки i -го выступа из пяти наибольших;

Значения параметров шероховатости R_m , R_z , R_a и S_m для различных древесных материалов и способов обработки

| Поверхности материалов, изделий и способы обработки | Значения параметров шероховатости | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|
| | высотных, мкм | | | шаговых, мм |
| | R_m | R_z | R_a | S_m |
| Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород древесины – нешлифованная – шлифованная | не более 320 не более 200 | – | – | – |
| Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород древесины – нешлифованная – шлифованная | не более 200 не более 100 | – | – | – |
| Древесно-стружечные плиты – нешлифованные – шлифованные | не более 500 не более 63 | не более 400 не более 50 | не более 12,5 не более 16 | 0,1–2,5 – |
| Плиты древесные моноструктурные шлифованные | 16–32 | – | – | – |
| Древесно-волоконистые плиты – нешлифованные – шлифованные | не более 32 не более 100 | не более 16 не более 80 | не более 2,5 не более 12,5 | 0,125–3,2 – |
| Древесина шлифованная | 16–250 | 12,5–160 | 2,5–16 | – |
| Клееные мебельные щиты шлифованные | 16–63 | 12,5–40 | 2,5–12,5 | – |
| Мебельные щиты, облицованные натуральным шпоном | 16–32 | – | – | – |
| Паркет и паркетные доски | не более 32 | не более 20 | не более 3,2 | – |

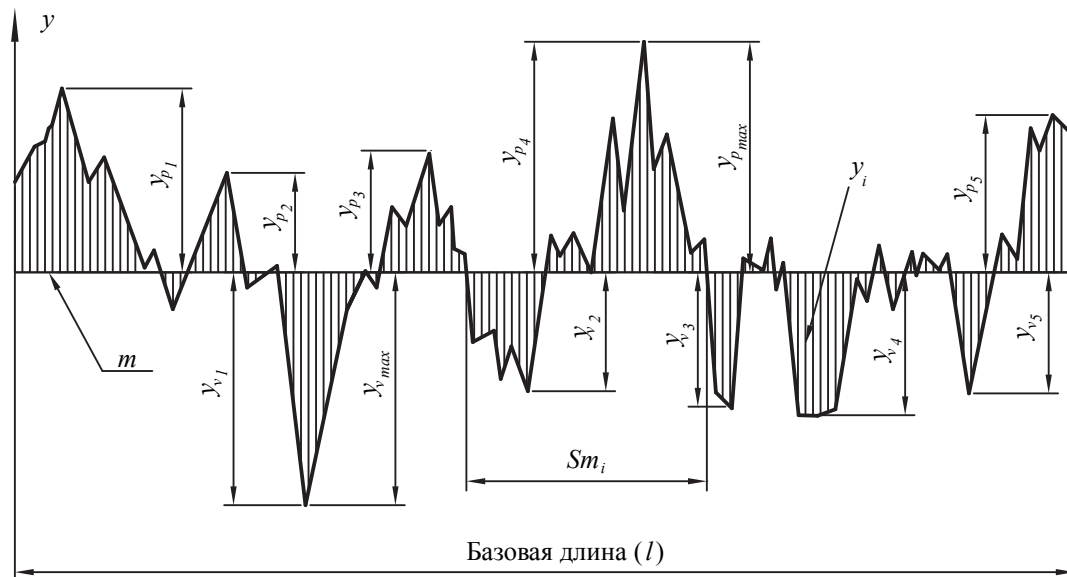


Рис. 1. Определение параметров шероховатости по профилограмме

y_{v_i} – расстояние от средней линии профиля до низшей точки i -й впадины из пяти наибольших.

Параметр шероховатости R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) – среднее арифметическое абсолютных от-

клонений профиля в пределах базовой длины (рис. 1) определяется по формуле

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n'} |y_i|, \quad (4)$$

где y_i – отклонение профиля от средней линии профиля;

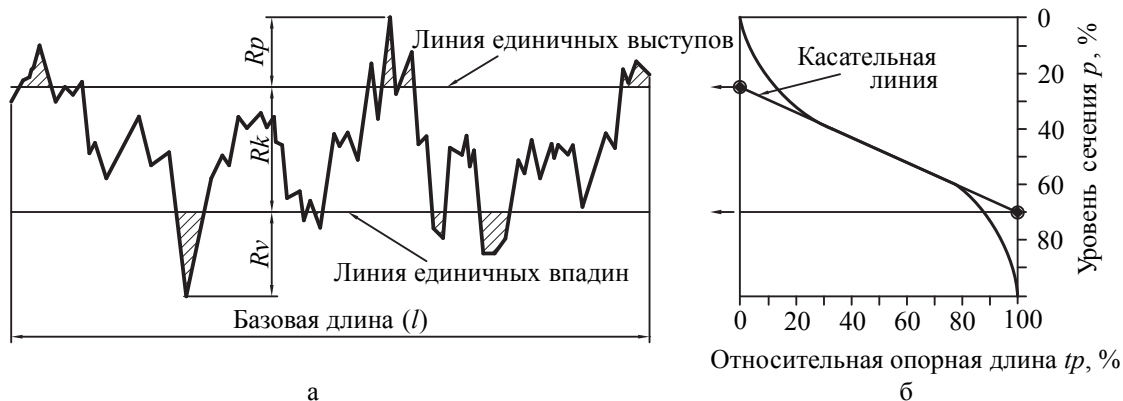


Рис. 2. Определение параметров R_p , R_k , R_v по относительной опорной кривой: а) профилограмма, б) относительная опорная кривая

n' – количество измеренных отклонений от средней линии профиля.

Параметр шероховатости S_m является вспомогательным и служит частотной характеристикой неровностей на контролируемой поверхности. Параметр шероховатости S_m – шаг неровностей по средней линии профиля в пределах базовой длины (рис. 1) определяемый по формуле

$$S_m = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k S_{m_i}, \quad (5)$$

где S_{m_i} – шаг i -й неровности по средней линии профиля;

k – число шагов неровностей по средней линии профиля.

Предельные значения параметров шероховатости R_m , R_z , R_a и S_m для различных древесных материалов и способов обработки приведены в табл. 2.

Для разграничения анатомических неровностей от собственно неровностей, характеризующих шероховатость, предлагается введение параметров шероховатости R_p , R_k , R_v , в основе которых лежит разграничение профиля неровностей на составляющие по относительной опорной кривой.

Для определения параметров шероховатости R_p , R_k , R_v по профилограмме (рис. 2а), снятой с контролируемой поверхности, строится относительная опорная кривая (рис. 2б). К центральному прямолинейному участку относительной опорной кривой проводится касательная линия (рис. 2б). Линия уровня сечения профиля, полученная из точки пересечения касательной к

центральному прямолинейному участку относительной опорной кривой с перпендикуляром, восстановленным в начале координат оси относительной опорной длины, получила название линия единичных выступов. Линия уровня сечения профиля, полученная из точки пересечения касательной к центральному прямолинейному участку относительной опорной кривой с перпендикуляром, восстановленным в точке 100 процентов по оси относительной опорной длины, получила название линия единичных впадин.

Вертикальное расстояние в микрометрах между линией единичных выступов и линией единичных впадин есть величина параметра R_k . Значение параметра шероховатости R_k характеризует высоту неровностей, доминирующих в профиле поверхности.

Высота неровностей R_p – расстояние от высшей точки наибольшего выступа профиля до линии единичных выступов в пределах базовой длины. Значение параметра шероховатости R_p характеризует величину превышения отдельных выступов над основной массой неровностей, созданных в процессе обработки

Высота неровностей R_v – расстояние от линии единичных впадин до низшей точки наибольшей впадины профиля в пределах базовой длины. Значение параметра шероховатости R_v характеризует величину заглупления отдельных впадин ниже основной массы неровностей, созданных в процессе обработки или являющихся анатомическими неровностями.

Параметры R_p , R_k предлагается использовать для оценки качества механической обработки поверхности. Параметр R_v предлагается использовать для контроля величины анатомических неровностей на поверхности древесины.

Значения параметров шероховатости R_p , R_k , R_v для древесины различных пород приведены в табл. 3.

В проекте новых стандартов для оценки кинематической волнистости, возникающей в результате продольного фрезерования поверхности древесины, предлагается использовать параметр шероховатости Rm_{max} . Для этого измеряют диаметр режущего инструмента, сформировавшего поверхность. Радиус окружности (r), описываемой лезвием ножа, будет равен половине

диаметра режущего инструмента. На образце выбирают не менее трех участков длиной от 100 до 150 мм каждый, перпендикулярно следам обработки. Визуально фиксируют суммарное количество волн на каждом из контролируемых участков. Длину волны определяют как частное от деления длины участка на соответствующее количество волн. Значение параметра шероховатости Rm_{max} , в микрометрах, вычисляется по формуле

$$Rm_{max} = \frac{l^2}{8 \cdot r} \cdot 1000, \quad (7)$$

где r – радиус окружности, описываемой лезвием ножа, мм;

l – среднее арифметическое значение длины волны кинематической волнистости на контролируемой поверхности, мм.

Предельные значения параметра шероховатости Rm_{max} для поверхности древесины после продольного фрезерования приведены в табл. 1.

Пересмотр и разработка стандартов позволили предусмотреть необходимые параметры шероховатости (Rm_{max} , R_m , R_z , R_a , S_m , R_p , R_k , R_v) для оценки как неровностей, полученных в результате механической обработки контролируемых поверхностей древесины и древесных материалов, так и анатомических неровностей древесины. Для определения перечисленных параметров шероховатости предлагается использовать современные методы и приборы, отвечающие уровню мировой практики. Предлагаемые ГОСТы способствуют на территории евразийского содружества гармонизации национальных стандартов с межгосударственными в области технологии деревообработки.

Библиографический список

1. Рыбин, Б.М. К вопросу шероховатости поверхности древесины и древесных материалов / Б.М. Рыбин, Д.В. Кириллов // Технология и оборудование для переработки древесины: науч. тр. – М.: МГУЛ, 2011. – Вып. 353. – 256 с.
2. Magoss E. General Regularities of Wood Surface Roughness / E. Magoss // Acta Silv. Lign. Hung. // Vol. 4 – 2008 – p. 81–93.

Т а б л и ц а 3

Значения параметров шероховатости R_p , R_k , R_v для древесины различных пород на поверхности древесины различных пород

| Поверхности древесины различных пород под отделку | Значения параметров шероховатости, мкм | | |
|---|--|-------|-------|
| | R_p | R_k | R_v |
| Ель (<i>Picea</i>) | 8,0 | 12,5 | 32 |
| Сосна (<i>Pinus</i>) | 12,5 | 16 | 25 |
| Пихта (<i>Abies</i>) | 10 | 20 | 25 |
| Лиственница (<i>Larix</i>) | 10 | 20 | 32 |
| Тисс (<i>Taxus</i>) | 5,0 | 12,5 | 16 |
| Береза (<i>Betula</i>) | 6,3 | 8,0 | 16 |
| Граб (<i>Carpinus</i>) | 8,0 | 8,0 | 20 |
| Груша (<i>Pyrus Communis</i>) | 5,0 | 10 | 16 |
| Клен (<i>Acer</i>) | 10 | 12,5 | 32 |
| Липа (<i>Tilia</i>) | 6,3 | 16 | 32 |
| Бук (<i>Fagus</i>) | 10 | 16 | 32 |
| Осина (<i>Populus</i>) | 12,5 | 16 | 32 |
| Фисташка (<i>Pistacia</i>) | 6,3 | 12,5 | 20 |
| Вяз (<i>Ulmus</i>) | 12,5 | 20 | 32 |
| Акация (<i>Acacia</i>) | 16 | 20 | 40 |
| Дуб (<i>Quercus</i>) | 16 | 16 | 100 |
| Ясень (<i>Fraxinus</i>) | 5,0 | 20 | 100 |
| Абачи (<i>Triplochiton scleroxylon</i>) | 12,5 | 25 | 160 |
| Ироко (<i>Milicia excelsa</i>) | 12,5 | 12,5 | 100 |
| Венге (<i>Millettia laurentii</i>) | 25 | 32 | 160 |
| Керуинг (<i>Dipterocarpus Alatus</i>) | 32 | 60 | 125 |
| Сапели (<i>Entandrophragma cylindricum</i>) | 16 | 32 | 100 |
| Амарант (<i>Peltogyne venosa</i>) | 12,5 | 16 | 100 |

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНО ВЫДЕРЖАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТАХ

И.И. ПИЩИК, преп. Института искусства реставрации, д-р техн. наук

bipik@mail.ru

Непрерывное условие изготовления высококачественного музыкального инструмента – использование старой, выдержанной в течение десятков и сотен лет древесины. Это условие свято соблюдается всеми мастерами прошлого и настоящего.

Об отношении мастеров к выдержанной древесине прекрасно пишет выдающийся скрипичный мастер Е.Ф. Витачек, в течение долгих лет бывший ответственным хранителем Государственной коллекции уникальных музыкальных инструментов: «старинные мастера, особенно итальянцы, употребляли очень старое дерево, даже с червоточинами». Е.Ф. Витачек приводит в качестве примера скрипки Маджини и Гваданини, на деках которых видны заделанные самими мастерами ходы насекомых. «Для старинных итальянцев (в особенности кременцев), кроме того, характерна необыкновенная, доходящая до скупости, бережливость в использовании хорошего дерева». Даже в самых первоклассных произведениях крупнейших мастеров, не исключая Страдивари и Гварнери, есть деки, собранные из различных кусков древесины и даже доклеенные по всему периметру инструмента. Об этом можно судить по скрипкам Страдивари, Гварнери и виолончелям Страдивари и Монтаньяна, хранящимся в Госколлекции [2].

Естественно, возникает вопрос: в чем же преимущество такого материала? В работе [5] была сделана попытка ответить на него, однако удалось лишь установить, что старая древесина способна создавать более стабильные звуковые спектры при изменении условий внешней среды, но не было обнаружено значимых различий ни в модулях упругости, ни в акустических константах, ни в частотных зависимостях декремента колебаний. Только через четверть века выяснилось, что тогда эта задача и не могла

быть решена, т.к. исходные датировки образцов были неверны. Лишь после точного датирования старых образцов на основе разработанных автором датировочных шкал можно было вернуться к прежним данным и оценить акустические отличия материала разного возраста.

Плотность древесины при длительных сроках эксплуатации меняется циклически по синусоидальному закону, что обусловлено циклами солнечной активности. На рис.1 приведена данная зависимость для древесины ели.

Поскольку модуль упругости E тесно связан с плотностью прямолинейной зависимостью [9], то характер его изменения с возрастом, естественно, должен оказаться таким же, как и у плотности. Это относится и к акустической константе, включающей оба показателя.

$$A = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (1)$$

По данным работы [6], характер связи между плотностью и жесткостью у старой древесины иной, нежели у современной (рис. 2).

Деки многих инструментов настраивают, т.е. уменьшают их толщины так, чтобы они излучали определенную частоту основного тона, ибо она – функция жесткости материала, но как видно из рис.2, при равной плотности жесткость старой древесины выше. Следовательно, чтобы деки из старого и нового материала излучали одну частоту, старая должна быть меньшей толщины, т.е. природное увеличение жесткости приводит к необходимости уменьшения массы, а это тоже выгодно, ибо такую деку легче раскачать.

Поскольку у деки из старой древесины при равной плотности масса меньше, а она есть мера инерции, то извлекаемые из

древнего инструмента звуки в ней затухают быстрее, чем у современных инструментов. На это обстоятельство и обратила внимание лауреат Всероссийского конкурса исполнителей скрипачка Галина Барина, сравнивая «юсуповский Страдивари» с современными скрипками: «При исполнении быстрых пассажей скачущим смычком (прием «рикошет») звуки из скрипки Страдивари сыплются как горошины, а у современных инструментов каждая такая горошина как бы имеет хвостик». С точки зрения физики замечание Г. Бариновой означает, что последующий звук накладывается на еще не успевший отзвучать предыдущий.

Используя взаимосвязь рис. 2, мы можем определить модуль упругости старой древесины, не прибегая к испытаниям и расчетам.

На рис.3 и 4 показаны изменения модуля упругости и акустической константы древесины ели при ее длительной выдержке.

Как видим, и здесь отчетливо проявляется циклический характер изменения акустических характеристик древесины с возрастом.

Из литературных данных известно [4], что акустическая константа современной древесины имеет величины от 9,5 до 14 ед., т.е. оказывается, что по этому показателю можно подобрать древесину, не только не уступающую, но даже превосходящую старую. Это лишний раз подтверждает недостаточность акустической константы для оценки акустических свойств материала.

В 50-х годах XX в. А. В. Римский-Корсаков предложил оценивать материал по показателю потенциального излучения [7]

$$K_{\Pi} = \frac{1}{\delta} \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (2)$$

где δ – декремент колебаний.

Из формулы видно, что потенциальное излучение отражает поведение декремента колебаний, поскольку показатель А для каждого образца является константой, но декремент зависит от частоты, следовательно, и показатель K_{Π} необходимо оценивать на разных частотах.

А связан ли декремент с возрастом? И как он меняется в разных областях звукового спектра?

Для оценки выбрали частоты 0,2; 1; 2; 3 и 5 кгц. Такой выбор не случаен, т.к. в зоне от 0,2 до 0,8 кгц звучит основной тон смычковых и щипковых инструментов, а наличие максимума излучения на частоте 1,2 кгц создает открытый, благородный, близкий к человеческому голосу тембр. Зона излучения 2,5–4,0 кгц характеризует яркость, а сильное излучение выше 4,0 кгц делает тембр резким [12].

Из работы [6] известно, что декремент колебаний древесины разного возраста связан с жесткостью по-разному. На рис.5 показана эта связь, откуда видно, что чем выше жесткость, тем меньше δ современной древесины. А у старого материала при сложной связи δ и Е абсолютные значения декремента выше на 15–42 %, что и требуется, т.к. «увеличение декремента способствует более равномерному излучению дека, поэтому константа «А» должна быть максимально высокой. При этих условиях дека имеет большой КПД и одновременно с этим равномерное излучение. Кроме того, у хорошего инструмента не должно быть резкого спада излучения к краям частотного диапазона» [7], а увеличение декремента у старой древесины как раз и способствует созданию непрерывного и равномерного спектра.

Для высоких частот связь между жесткостью и декрементом оказывается аналогичной по характеру, но выше по абсолютной величине. Из этого можно сделать следующие выводы: в старой древесине и на низких и на высоких частотах декремент увеличивается, т.е. она «помогает» будущему инструменту излучать более равномерно частоты всего звукового диапазона и сильно снижает излучение высоких частот. А что с краями частотного диапазона?

На рис.6 показано изменение декремента с ростом частоты, которое имеет одинаковый характер для любой древесины.

Из рис. 6 видно, что для того, чтобы спад излучения на низких частотах не был

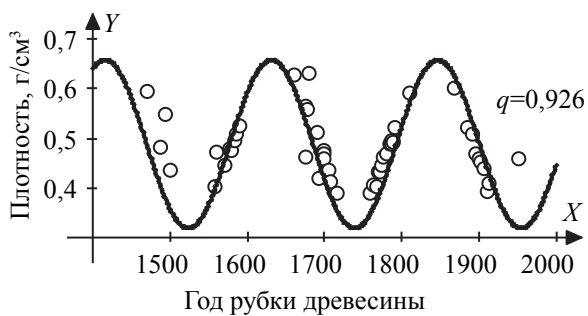


Рис. 1. Связь плотности древесины ели с возрастом

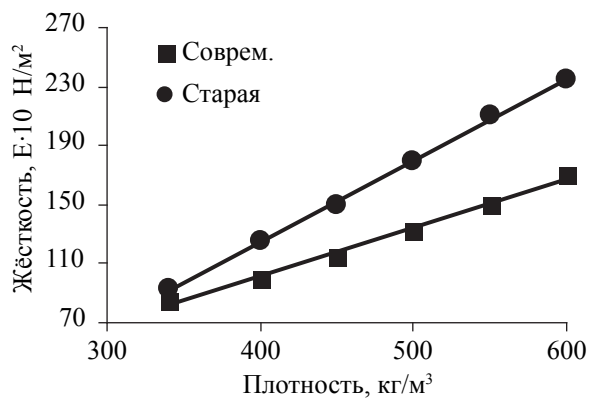


Рис. 2. Связь между плотностью и жесткостью для современной и старой древесины

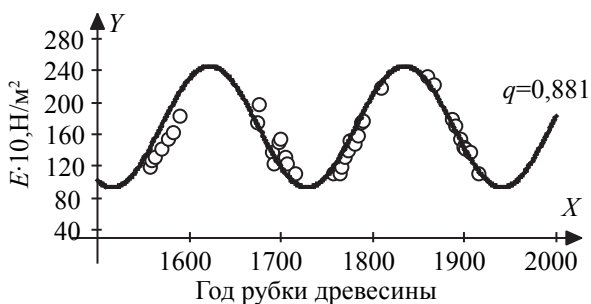


Рис. 3. Изменение модуля упругости ели с возрастом

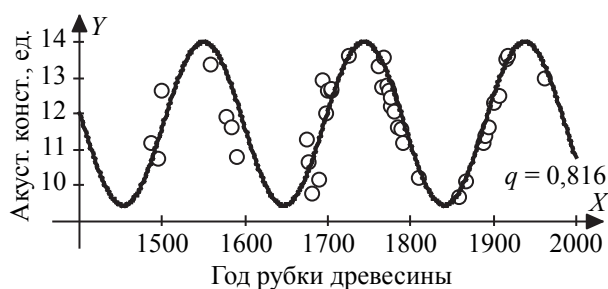


Рис. 4. Изменение акустической константы с возрастом

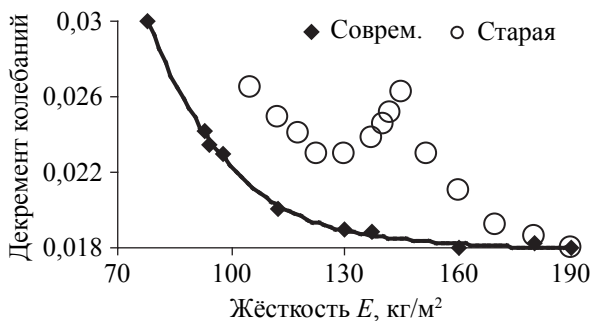


Рис. 5. Связь жесткости и декремента колебаний для современной и старой древесины

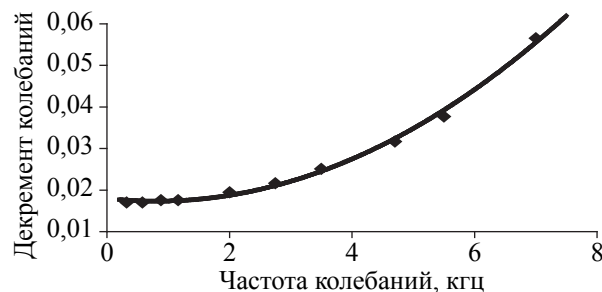


Рис. 6. Изменение декремента колебаний с ростом частоты



Рис. 7. Изменение декремента старой древесины после приложения нагрузки

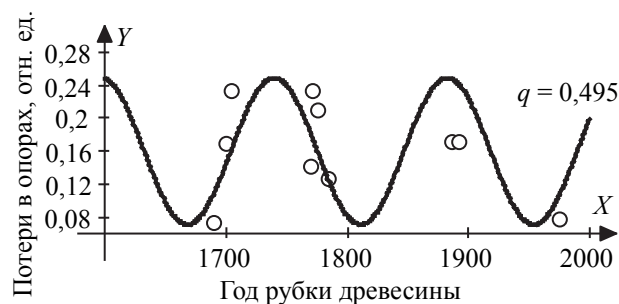


Рис. 8. Изменение потерь энергии в опорах у древесины разного возраста

резким, декремент должен быть выше, но это условие для старой древесины соблюдено (рис.5). Однако рост декремента в этой зоне равносителен увеличению механического сопротивления. Вот почему наш замечательный скрипач Леонид Коган говорил, что на старых инструментах очень трудно играть, приходится вкладывать много физических усилий, чтобы инструмент зазвучал в полную мощь.

Как показано в работе [5], при нагружении деки старого инструмента давлением струн декремент на низких частотах увеличивается до 35 %, а на высоких – не меняется (рис. 7), в отличие от деки из современной древесины, в которой нагружение приводит к увеличению декремента на всем частотном диапазоне.

Таким образом, увеличение декремента старой древесины на низких и высоких частотах делает излучение звука равномерным. При этом отсутствует резкий спад излучения по краям частотного диапазона, и спектр принимает форму купола, который подчеркивает разницу в излучении смежных зон. Это означает, что и в спектре инструмента, и в субъективных ощущениях слушателей (благодаря особенностям нашего слуха они воспринимают оттенки тембра именно как разницу в излучении смежных звуков [8]) зона 1,2 кгц становится преобладающей, чем и характеризуются инструменты, имеющие по терминологии музыкантов «глубокий итальянский тембр».

Кроме того, выделение зоны 1,2 кгц в спектре инструмента приводит в действие так называемый эффект маскировки. Согласно ему звук более сильный заглушает (маскирует) звуки более слабые, причем звуки низкой частоты могут маскировать высокочастотные, а последние этим свойством не обладают [1]. Следовательно, низкочастотное излучение становится в спектре доминирующим, а это, по мнению музыкантов-профессионалов, приводит к тому, что инструменты из выдержанной древесины приобретают большую глубину тембра и повышенную «носкость» звука, т.е. способность покрывать все пространство концерт-

ных залов и легко выделяться на фоне большого оркестра.

Впрочем, и большую глубину тембра, и повышенную «носкость» звука, заложенные природой в старую древесину, легко потерять при несовершенстве конструкции музыкального инструмента.

Из рис. 5 видно также, что оптимальные значения E для старой древесины составляют $(110-150) \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$, $\rho - 390 - 460 \text{ кг/м}^3$. Акустическая константа при оптимальных E и ρ окажется равной 12,4 – 13,6 ед.

Выбор того же эталона для современной древесины приводит к очень жестким требованиям: $E = (90-97) \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$, $\rho = 360 - 370 \text{ кг/м}^3$. Однако при таких значениях модуля деки могут не выдержать больших механических нагрузок, возникающих от давления струн. Если же использовать древесину с жесткостью выше оптимума, то, в этом случае из-за высокой плотности сильно снижается акустическая константа, и, кроме того, низкий декремент не позволит создать дек с равномерным излучением.

Приведенные соображения показывают, что современная древесина априори не способна создавать у музыкальных инструментов равномерных спектров. Помимо этого, большая усадка современной древесины в первые 50 лет эксплуатации приводит к тому, что в деках возникают большие внутренние напряжения и инструмент перестает звучать.

В этих случаях мастера вынуждены вскрывать деки, снимая напряжения, и снова наклеивать их. По свидетельству скрипичного мастера С.М. Доброва 2–3 таких операции на протяжении 10–15 лет могут привести к тому, что деки проваливаются в корпус инструмента.

Если в одном и том же образце определить декремент сначала на подвесах в узловых линиях, а затем при консольном зажиме, то разница в декрементах при двух видах испытаний даст величину потерь энергии в опорах. На рис. 8 приведены результаты подобных испытаний на частоте 1,2 кгц.

Таким образом, при креплении старой деки к корпусу потери звуковой энергии

в опоры меняются, как и другие свойства, по единому закону, а это означает, что в возрасте 50, 250, 450 лет, когда акустические характеристики древесины оптимальны, потери энергии в опоры минимальны, и, следовательно, КПД старого инструмента в это время возрастает.

Такой же результат получим, оценив волновое сопротивление дек из современной и старой древесины. Оно характеризует «сопротивляемость» среды колебаниям и равно произведению плотности на скорость распространения звука в среде

$$\omega = \rho C. \quad (3)$$

Чем среда плотнее и чем выше ее упругость, тем меньшие скорости получают частицы под действием определенного колебательного давления. Поскольку при равной плотности жесткость старой древесины выше, то и сопротивление излучению высоких частот у такой древесины больше, т.е. амплитуда (мощность) высокочастотного излучения будет меньше, т.е. старая древесина изначально не способна сделать инструмент резким. Это возможно только при несовершенстве его конструкции.

Уже из определения волнового сопротивления легко видеть, что при циклично меняющихся плотности и модуле упругости показатель ρC будет также циклично меняться с возрастом.

Вполне понятно, что там, где излучение минимально, волновое сопротивление максимально и наоборот.

Таким образом, акустические различия старой и современной древесины оказываются довольно весомыми.

Для оценки акустических свойств материала, идущего на изготовление дек музыкальных инструментов, необходимо знать его плотность, жесткость, декремент колебаний и их производные. А как отбирать материал на производстве, в лесу?

По плотности, не проводя измерений, можно определить модуль E (рис. 2).

А как быть с декрементом? В лесу его не определишь, и для производства это

слишком сложно. А нельзя ли вообще отказаться от его измерения?

В работе [6] дан ответ на этот вопрос.

Оказалось, что требование к отбору резонансного материала и подбору дощечек для дек выдвигается лишь одно – это равенство или близость их плотностей. При этом все остальные характеристики заготовок будут одинаковы: модули упругости, декременты колебаний, акустические константы и показатели потенциального излучения. В настоящее время методы отбора довольно сложны [3, 10, 11].

Библиографический список

1. Аллон, С.М. Музыкальная акустика / С.М. Аллон, Н.И. Максимов. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 141–150.
2. Витачек, Е.Ф. Очерки по истории изготовления смычковых инструментов / В.Ф. Витачек. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 271 с.
3. Колесникова, А.А. Метод отбора резонансной древесины ели в растущем состоянии: автореф. дисс. ... канд. / А.А. Колесникова. – М.: МГУЛ, 1998. – 19 с.
4. Новодержкин, А.М. Материаловедение (материалы для производства музыкальных инструментов) / А.М. Новодержкин. – М., 1971. – 248 с.
5. Пищик, И.И. Исследование свойств древесины длительной выдержки как материала для музыкальных инструментов: дисс. ... канд. / И.И. Пищик. – М.: МЛТИ, 1973.
6. Пищик, И.И. Критерии подбора древесины для музыкальных инструментов / И.И. Пищик. – М.: Деревообр. пром-ть, 1998. – № 1. – С. 24–26.
7. Римский-Корсаков, А.В. Музыкальные инструменты / А.В. Римский-Корсаков, Н.А. Дьяконов. – Росгизместпром, 1952. – 345 с.
8. Скучик, Е. Основы акустики / Е. Скучик. – М.: Изд. ИЛ, 1959. – Т. 2. – 123 с.
9. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1975. – 240 с.
10. Федюков, В.И. Экспресс-диагностика и отбор резонансовой древесины / В.И. Федюков. – Йошкар-Ола, 1995.
11. Федюков, В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация / В.И. Федюков. – Йошкар-Ола, 1998. – 204 с.
12. Янковский, Б.А. Методы объективной оценки качества звучания скрипок / Б.А. Янковский // Акустический журнал. – 1965. – Т. XI. – Вып. 3. – С. 269–286.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСКРОЯ БАЛАНСОВ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЩЕПЫ

Л.А. ДЕВЯТНИКОВА, *асп. каф. целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств ПетрГУ,*

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, *проф. каф. целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств ПетрГУ, д-р техн. наук,*

Г.Н. КОЛЕСНИКОВ, *проф. каф. механики ПетрГУ, д-р техн. наук*

lud_dev@mail.ru; servas@psu.karelia.ru; kgn@karelia.ru

Постановка проблемы

Конечной продукцией древесно-подготовительного цикла на целлюлозно-бумажном комбинате (далее ЦБК) является технологическая щепка. Ее характеристики во многом зависят от качества и размерных характеристик измельчаемого сырья [1–3]. Используемые на ЦБК для производства щепки дисковые рубительные машины рассчитаны на переработку отрезков бревен длиной от 0,8 м до 3,0 м.

Поступающие на ЦБК бревна раскраиваются с помощью слесерной установки на мерные отрезки (далее – балансы). Конструктивные особенности слесера обуславливают получение нескольких балансов и остатка. Длина остатка может оказаться меньше минимального значения длины сырья, подаваемого в рубительную машину. Эти короткие остатки (далее – короткомеры) проходят весь цикл переработки в общем потоке сырья. Часть короткомеров раскалывается в барабанах вдоль волокон и превращается в так называемые

«отщепы». В то же время большая часть из них сохраняет свою форму и попадает вместе с балансами на измельчение в рубительную машину (рис. 1).

Доля (в количественном соотношении) короткомеров в потоке сырья, загружаемого в рубительную машину, в некоторых случаях может достигать 60 %. Сильно механически поврежденные в корообдирочном барабане, они, как показали наблюдения, не только сами неправильно ориентируются в зоне рубки, но провоцируют неправильную ориентацию балансов. Это может приводить к ухудшению фракционного состава щепки, а именно, к снижению доли кондиционной фракции и росту долей крупных и мелких частиц. В то же время необходимо отметить, что в объемном соотношении доля короткомеров невелика, поэтому может оказаться, что их отрицательное влияние на фракционный состав щепки практически незначительно.

В связи с изложенным целью проведенного исследования является установление существования корреляции между долей короткомеров в массиве сырья, подаваемого в рубительную машину, и фракционным составом вырабатываемой щепки.

Условия и методика проведения исследования

Исследование проводилось в производственных условиях древесно-подготовительного цеха целлюлозно-бумажного комбината в период с августа по сентябрь. Отбор проб для определения фракционного состава вырабатываемой щепки осуществлялся круглосуточно.

Поступающие на предприятие бревна распиливаются с помощью слесера на ба-



Рис. 1. Тракт подачи сырья в рубительную машину

лансы. Слешер оборудован четырьмя пилами, расположенными таким образом, чтобы обеспечивать получение балансов длиной 1,25 м. Длина подаваемых на раскрой бревен составляла от 3,00 до 6,50 метров. При таком соотношении длин распиливаемых бревен и расстояний между пилами образование короткомеров неизбежно.

Полученные на слешере балансы и короткомеры поступают на один конвейер, которым подаются в корообдирочный барабан. В древесно-подготовительном цехе установлены корообдирочные барабаны со следующими техническими характеристиками: длина – 25 м, внутренний диаметр секций – 3836 мм, частота вращения секций – 6 мин⁻¹, расчетная производительность – 50 м³/час, степень заполнения барабана в ходе исследования поддерживалась на уровне 2/3 от объема. В зоне загрузки в барабан для интенсификации процесса отделения коры вся древесина обрабатывается водой, нагретой до температуры 40° С.

Выгружаемые из корообдирочного барабана балансы и короткомеры ленточным конвейером подаются к тракту загрузки сырья в рубительную машину. Тракт представляет собой роликовый конвейер (рис. 1), призванный ориентировать и разделять подаваемые в рубительную машину балансы.

Измельчение древесины в щепу производится рубительной машиной с техническими характеристиками: диаметр ножевого диска – 2500 мм; количество радиально расположенных на диске ножей – 15 штук; частота вращения диска – 365 мин⁻¹. Конструкция машины рассчитана на переработку древесины длиной от 800 до 3000 мм, диаметром от 60 до 625 мм. Режущий аппарат в период исследований был настроен на производство щепы длиной 20 мм.

При проведении исследования, в различное время суток, производился фракционный анализ щепы, вырабатываемой рубительной машиной. Для анализа отбиралась щепка, поступающая из циклона на сортировку.

В процессе отбора проб визуально оценивалось содержание короткомеров в потоке сырья на конвейере между корообдирочным

барабаном и рубительной машиной. Этот показатель рассчитывался по формуле

$$s = (a / b) \cdot 100 \%,$$

где s – доля короткомеров в потоке сырья, %;

a – количество короткомеров, шт.;

b – общее количество объектов, подаваемых в рубительную машину, шт.

Всего в ходе исследования было выполнено 150 измерений. При анализе данные были сгруппированы по критерию доли короткомеров в общем массиве объектов, подаваемых в рубительную машину. Было сформировано пять групп: «40» – содержание короткомеров от 38 до 42 %; «45» – содержание короткомеров от 43 до 47 %; «50» – содержание короткомеров от 48 до 52 %; «55» – содержание короткомеров от 53 до 57 %; «60» – содержание короткомеров от 58 до 62 %.

Фракционный состав щепы оценивался с помощью анализатора щепы АЛГМ-1 по методике, изложенной в ГОСТ 15815-83 [4]. При описании результатов анализов фракционного состава щепы использованы следующие понятия:

- *крупная фракция* – остаток на сите с отверстиями диаметром 30 мм;
- *кондиционная фракция* – сумма остатков на ситах с отверстиями 20 и 10 мм;
- *мелкая фракция* – остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм;
- *отсев* – остаток на поддоне анализатора.

При проведении анализов качества щепы фиксировалось содержание в ней коры и гнили. Результаты показали, что во время проведения эксперимента массовые доли коры и гнили в щепе не превышали 0,2 и 0,5 % соответственно.

Результаты экспериментального исследования

Поскольку пробы щепы для определения фракционного состава отбирались круглосуточно, то на первом этапе полученные данные были проанализированы на предмет наличия корреляции между временем отбора и фракционным составом. Это было сделано ввиду того, что дважды в сутки производится замена ножей рубительной машины. Необходи-



Рис. 2. Массовые доли крупной и мелких фракций в щепе в пробах, взятых в разное время суток, для группы содержания короткомеров «55»



Рис. 3. Массовая доля кондиционной фракции в щепе в пробах, взятых в разное время суток, для группы содержания короткомеров «55»



Рис. 4. Доля (средние значения для групп) кондиционной (y_1) фракции в зависимости от доли короткомеров (x) в сырье



Рис. 5. Доля (средние значения для групп) крупной фракции (y_2) в зависимости от доли короткомеров (x) в сырье



Рис. 6. Доля (средние значения для групп) мелкой фракции (y_3) в зависимости от доли короткомеров (x) в сырье



Рис. 7. Доля (средние значения для групп) отсева (y_4) в зависимости от доли короткомеров (x) в сырье

димо было установить, влияло ли в ходе проведенного исследования техническое состояние ножей на фракционный состав щепы. Анализ результатов показал отсутствие зна-

чимого влияния времени отбора проб на фракционный состав щепы. На рис. 2 и 3 показано колебание значений массовых долей фракций в щепе в зависимости от времени взятия про-

бы для анализов группы «55». Похожая картина наблюдалась и для анализов всех других групп. Объяснить это можно тем, что в ходе исследования объемы перерабатываемой древесины были невелики, а ее качество и степень очистки высоки.

Таким образом, исключив фактор влияния технического состояния ножей рубительной машины на качество получаемой щепы, приступили к решению второй задачи исследования. На этом этапе полученные результаты фракционного состава анализировались на предмет выявления корреляции между долей короткомеров в потоке сырья и массовой долей различных фракций в щепе.

Средние значения по группам результатов обработки фракционных анализов щепы, полученных в ходе экспериментального исследования, представлены на рис. 4 – 7. Все представленные на рисунках графики демонстрируют наличие определенной зависимости между содержанием в измельчаемом сырье короткомеров и фракционным составом щепы. При этом доля кондиционной фракции с увеличением содержания в сырье короткомеров уменьшается, а доли крупной и мелких фракций растут.

Результаты обработки полученных данных, представленные на рисунках 4 – 7, удовлетворительно аппроксимируются с помощью линейных зависимостей.

Значение массовой доли кондиционной фракции в щепе колебалось от 87,8 до 97,8 % для всех отобранных в ходе исследования проб. Оба экстремальных значения были выявлены в группе «55» по содержанию короткомеров. При сравнении средних групповых значений установлено, что при увеличении доли короткомеров в общем массиве балансов с 40 до 60 % массовая доля нормальной фракции в щепе снижается на 2,5 %.

Среднее значение массовой доли крупной фракции в щепе по проведенным замерам составило 3,2 %. При этом экстремальные значения были выявлены в группе «50» по содержанию короткомеров, они составили 1,1 и 6,9 %. Сравнение средних групповых значений показывает рост массовой доли крупной фракции в щепе на 0,8 % при увели-

чении содержания короткомеров в сырье от 40 до 60 %.

Среднее значение массовой доли мелкой фракции в щепе при исследовании диапазона доли короткомеров в сырье от 40 до 60 % составило 4,1 %. Экстремальные значения были выявлены в группе «55» по содержанию короткомеров, они составили 0,5 и 6,4 %. Сравнение средних групповых значений показывает рост массовой доли мелкой фракции в щепе на 1,4 % при увеличении содержания короткомеров в сырье от 40 до 60 %.

В диапазоне доли короткомеров в сырье от 40 до 60 % среднее значение массовой доли отсева в щепе составило в 0,5 %. Экстремальные значения были выявлены в группе «55» по содержанию короткомеров, они составили 0,2 и 1,0 %. Сравнение средних групповых значений показывает рост массовой доли отсева в щепе на 0,3 % при увеличении содержания короткомеров в сырье от 40 до 60 %.

Обсуждение результатов эксперимента

Ранее уже было отмечено влияние на фракционный состав щепы механических повреждений древесины, как одной из характеристик сырья. Неоднократно подтвержденный опытом эксплуатации анализ этой проблемы показал, что торцы балансов разрушаются под воздействием ударных нагрузок в корообдирочном барабане. Происходит так называемое их «размочаливание». Чем меньше длина перерабатываемого баланса, тем, соответственно, меньше и длина неповрежденной части, а с увеличением длины баланса увеличивается длина его неповрежденной средней части. Ранее проведенными исследованиями установлено, что повреждения при сжатии вдоль волокон распространяются от торцов на длину, примерно равную диаметру баланса [5]. Указанные повреждения приводят к увеличению доли мелких фракций при измельчении торцевых частей балансов в рубительной машине. Стоит отметить, что методика количественной оценки повреждений в виде «размочаливания» торцов, как одного из типов механических повреждений, в на-

стоящее время в известной нам литературе не представлена. Необходимость разработки такой методики объясняется тем, что видимые и скрытые повреждения, как показано в работе [2], оказывают существенное влияние на качество целлюлозы. Вопросы количественной оценки влияния «размочаливания» торцов балансов при их очистке от коры в корообдирочных барабанах, частично затронутые в работах [5], [6], требуют отдельного рассмотрения, выходящего за рамки данной статьи.

Полученные в ходе проведенного исследования результаты косвенным образом подтверждают тот факт, что при групповой очистке от коры корообдирочном барабане короткомеры подвергаются более сильным механическим повреждениям. Поэтому при производстве щепы провоцируют образование повышенной массовой доли мелкой фракции и отсева. Рост доли крупной фракции подтверждает предположение о том, что короткомеры неправильно ориентируются в зоне измельчения. Рассчитанный на подачу к ножевому диску балансов длиной не менее 0,8 м загрузочный патрон не в состоянии правильно расположить короткомеры при подаче. Они разворачиваются, и вместо поперечно-торцевого резания происходит продольное и (или) поперечное. Это и вызывает рост доли крупной фракции в щепе при возрастании доли короткомеров в сырье, подаваемом в рубительную машину.

Для исключения появления короткомеров возможны три подхода: 1 – применение предварительного сортирования бревен по длине с учетом расстояния между пилами перед распиловкой; 2 – изменение количества и (или) расположения пил на слешере; 3 – применение такой схемы расположения пил на слешере, когда обеспечивается получение остатка длиной не менее выпиленных балансов. В любом случае технологии, исключающие появление короткомеров, позволят снизить потери не только при производстве щепы в рубительной машине, но и при раскросе бревен перед подачей в древесно-подготовительный цех (снизится объем опилок).

Выводы

Установлена зависимость между долей короткомеров в массиве сырья, подаваемого в рубительную машину, и фракционным составом вырабатываемой щепы. Зависимости массовых долей различных фракций щепы с достаточной для практики точностью могут быть аппроксимированы линейными выражениями.

Результаты экспериментального исследования фракционного состава щепы, полученной из отрезков бревен длиной от 0,10 до 1,25 м, показали, что увеличение доли короткомеров в общем объеме балансов от 40 до 60 % ведет к уменьшению выхода кондиционной фракции в технологической щепе на 2,5 %, а также к увеличению долей крупной фракции на 0,8 % и мелких на 1,7 %.

Получение щепы, по фракционному составу отвечающей требованиям, предъявляемым к щепе марке Ц1 по ГОСТ 15815-83, возможно в рубительной машине, оснащенной ножевым диском диаметром 2500 мм, если в подаваемом на рубку сырье содержится не более 45 % отрезков длиной менее 0,8 м.

Библиографический список

1. Бойков, С.П. Теория процессов очистки древесины от коры / С.П. Бойков. – Л.: ЛГУ, 1980. – 152 с.
2. Вальщиков, Н.М. Рубительные машины: монография / Н.М. Вальщиков, Э.П. Лицман. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 96 с.
3. Никишов, В.Д. О качестве технологической щепы / В.Д. Никишов, М.В. Гомонай // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2001. – № 5. – С. 130–133.
4. ГОСТ 15815-83 Щепка технологическая. Технические условия. – Введ. 1985-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во станд-в, 1988. – 15 с.
5. Девятникова, Л.А. Комплекс задач по совершенствованию технологии и оборудования древесно-подготовительного цикла для производства целлюлозы / Л.А. Девятникова // Материалы пятой международной научно-практической Интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: ЛТА, 2010. – С. 151–158.
6. Никонова, Ю.В. Обоснование конструктивно-технологических параметров корообдирочных барабанов с применением численного моделирования динамического взаимодействия балансов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Ю.В. Никонова. – Петрозаводск, 2009. – 20 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТНО-УПРУГИХ И ТЕРМОУПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА

В.И. ЗАПРУДНОВ, проф., зав. каф. геодезии и строительного дела МГУЛ, д-р техн. наук,
А.С. ЩЕРБАКОВ, проф., зав. каф. безопасности жизнедеятельности МГУЛ, д-р техн. наук

zaprudnov@mgul.ac.ru; scherb@mgul.ac.ru

В ряде работ, опубликованных нами ранее [1–4], мы рассматривали методы прогнозирования жесткостных и прочностных характеристик древесно-минерального композита (арболита), основанные на применении модели стохастических неоднородных сред.

В данной статье мы делаем попытку распространить описанные ранее методы на более общий случай расчета физико-механических свойств материала, а именно, исследовать значения коэффициентов температурного расширения и коэффициентов влажностно-упругих деформаций древесно-минерального композита в зависимости от соответствующих характеристик составляющих материал компонентов. Аналитический расчет осуществляется по более усложненной схеме, учитывающей ориентацию частиц органического заполнителя. Как известно, древесно-минеральный композит обладает комплексом свойств, которыми традиционные строительные материалы либо вовсе не обладают, либо обладают в очень малой степени. Одно из таких свойств древесно-минерального композита – деформации при изменении влажности.

При эксплуатации конструкций из древесно-минерального композита за счет его гигроскопичности под влиянием климатических факторов происходят значительные колебания влажности материала, вызывающие относительные деформации порядка 0,1 – 0,5 %. Это приводит к появлению напряжений, особенно в многослойных панелях, снижающих долговечность и прочность сооружений из древесно-минерального композита.

Основными параметрами, характеризующими влажностно-деформационные свойства древесно-минерального композита, являются коэффициент влажностных деформаций η и тензор коэффициентов влажностных деформаций η_{jk} , причем для изотропных материалов

$$\eta_{jk} = \eta \delta_{jk} \quad (1)$$

Закон связи между относительным изменением влажности ΔW и деформациями имеет вид

$$\varepsilon_{jk} = \eta_{jk} \Delta W. \quad (2)$$

Большое значение при расчете элементов конструкций, изготовленных из древесно-минерального композита, имеют и характеристики температурного расширения. Приращение температуры θ и деформации материала ε_{jk} связаны соотношением

$$\varepsilon_{jk} = a_{jk} \theta, \quad (3)$$

где a_{jk} – тензор коэффициентов температурного расширения.

В изотропном случае

$$a_{jk} = a \delta_{jk}. \quad (4)$$

Учитывая соотношения (2) и (3), зависимости между тензором напряжений σ_{jk} , тензором деформаций ε_{jk} , приращением температуры θ и относительным изменением влажности ΔW представим в форме

$$\sigma_{jk} = \lambda_{jkn} \varepsilon_{ng} - \beta_{jk} \theta - \gamma_{kj} \Delta W, \quad (5)$$

где

$$\beta_{jk} \lambda_{jkn} a_{ng}, \gamma_{kj} \Delta W = \lambda_{jkn} \eta_{ng}, \quad (6)$$

тензоры коэффициентов температурных и влажностных напряжений. Очевидно, в изотропном материале

$$\beta_{jk} = \beta \delta_{jk}, \beta = (3\lambda + 2\mu)a, \\ \gamma_{jk} = \delta_{jk} \gamma, \gamma = (3\lambda + 2\mu)\eta. \quad (7)$$

Тензоры макроскопических постоянных определяются соотношениями

$$\sigma_{jk} = \lambda_{jkn}^* \varepsilon_{ng} - \beta_{jk}^* \theta - \gamma_{jk}^* \Delta W, \quad (8)$$

где черта сверху означает осреднение по макрообъему.

Как и в предыдущих статьях, будем рассматривать статически однородные случайные поля. Тогда соотношение (8) можно записать в виде

$$\langle \sigma_{jk} \rangle = \lambda_{jkn}^* \langle \varepsilon_{ng} \rangle - \beta_{jk}^* \langle \theta \rangle - \gamma_{jk}^* \langle \Delta W \rangle. \quad (9)$$

Тем самым задача определения макроскопических тензоров $\lambda_{jkn}^*, \beta_{jk}^*, \gamma_{jk}^*$ оказывается эквивалентной определению закона

связи между математическими ожиданиями $\langle \sigma_{jk} \rangle, \langle \varepsilon_{jk} \rangle, \langle \theta \rangle, \langle \Delta W \rangle$.

Подставляя (5) в уравнения равновесия без учета массовых сил, получаем

$$\langle \lambda_{jkn} \rangle U_{n,gn}^0 = -[\lambda_{jkn}^0 \varepsilon_{ng} - \beta_{jk} \theta - \gamma_{jk} \Delta W]_{,k} \quad (10)$$

Дополним уравнение (10) условием на бесконечности $U_j^0(\infty) = 0$, тогда для определения деформаций арболита получим уравнение

$$\varepsilon_{jk}^{(1)} = \int U_{n(jk)} (x^{(1)} - x^{(2)}) \times (\lambda_{ng\alpha\beta} - \beta_{ng} \theta - \gamma_{ng} \Delta W)_{,g}^{(2)} dv^{(2)}, \quad (11)$$

которое для удобства дальнейших выкладок представим в операторной безиндексной форме

$$\varepsilon^{(1)} = \langle \varepsilon \rangle + K^{(1,2)} * (\lambda^0 \varepsilon - \beta \theta - \gamma \Delta W)^{(2)} \quad (12)$$

интегральный оператор K действует по правилу

$$K_{jkn}^{(1,2)} * \varphi^{(2)} = \int U_{n(jk)g} (x^{(1)} - x^{(2)}) \varphi^{(2)} dv^{(2)} + \int U_{n(jk)} (x^{(1)} - x^{(2)}) \varphi^{(2)} \cos(n, x_g^{(2)}) dS^{(2)}.$$

Предположим, что древесно-минеральный композит составлен из двух компонентов: связующего цемента и органического заполнителя. Осредним уравнение (12) при условии, что в точке $x^{(2)}$ находится материал заполнителя. Для этого умножим (12) на условную плотность распределения

$$f(\varepsilon^{(1)}, \lambda^{(2)}, \varepsilon^{(2)}, \beta^{(2)}, \gamma^{(2)} | \lambda^{f(1)}) \quad (13)$$

и выполним интегрирование по $\lambda, \varepsilon, \beta, \gamma$. Здесь мы предполагаем также, что древесно-минеральный композит находится под воздействием равномерной температуры и равномерно увлажнен, т.е.

$$\langle \theta \rangle = \theta = const, \langle \Delta W \rangle = \Delta W = const. \quad (14)$$

После интегрирования получаем интегральное уравнение для определения условных моментных функций тензора деформаций

$$\varepsilon^f = \langle \varepsilon \rangle + K^{(1,2)} * (\lambda^{0f} \varepsilon^{ff} P_{ff} + \lambda^{0c} \varepsilon^{cf} P_{fc} - \beta^f \theta_{pff} - \beta^c \theta_{pfc} - \gamma^f \Delta W_{pff} - \gamma^c \Delta W_{pfc})^{(2)}. \quad (15)$$

Используемые здесь обозначения эквивалентны введенным в уравнение

$$\varepsilon^c = \langle \varepsilon \rangle + K^{(1,2)} * (\lambda^{0c} \varepsilon^{cc} P_{cc} + \lambda^{0f} \varepsilon^{fc} P_{cf}).$$

Для условных вероятностей P_{ff}, P_{fc} имеют место, очевидно, соотношения

$$P_{ff} + P_{fc} = 1, \xi_f P_{fc} = \xi_c P_{cf}, P_{fc}(0) = 0; P_{fc}(\infty) = \xi_f, P_{ff}(0) = 1, P_{ff}(\infty) = \xi_f. \quad (16)$$

Используя равенства (16) и ограничиваясь приближением однородности деформи-

рованного состояния связующего и заполнителя $\varepsilon^{co} \approx \varepsilon^c = const, \varepsilon^{fc} \approx \varepsilon^f = const$, из (15) получаем

$$\varepsilon^f = \langle \varepsilon \rangle + K^{(1,2)} * P_{ff} [\lambda^{0f} \varepsilon^f - \lambda^{0c} \varepsilon^c - (\beta^f - \beta^c) \theta - (\gamma^f - \gamma^c) \Delta W]. \quad (17)$$

Осредняя выражение (5), находим соотношение, связывающее средние напряжения древесно-минерального композита со средними деформациями, средними деформациями заполнителя, температурой и влажностью

$$\langle \sigma \rangle = \lambda^c \langle \varepsilon \rangle + \xi_a (\lambda^a - \lambda^c) \varepsilon^a - \langle \beta \rangle \theta - \langle \gamma \rangle \Delta W. \quad (18)$$

Отсюда следует, что для определения макроскопических термоупругих и влажностноупругих постоянных необходимо из уравнений (17) найти деформации заполнителя и подставить их в соотношение (18).

Уравнение (17) получено без каких-либо предположений относительно вида микроструктуры древесно-минерального композита. Ранее при интегрировании в $\varepsilon^c = \langle \varepsilon \rangle + K^{(1,2)} * P_{cc} (\lambda^{0c} \varepsilon^c - \lambda^{0f} \varepsilon^f)$ было принято, что плотность P_{cc} зависит лишь от расстояния между точками. Это соответствует хаотическому расположению частиц заполнителя в пространстве.

Проводим построение функции P_{ff} для случая, когда связующее древесно-минерального композита содержит расположенные, но ориентированные в одном направлении волокна заполнителя, имеющие форму эллипсоидов вращения. Для определенности предположим, что волокна заполнителя ориентированы вдоль оси Ox_3 , тогда древесно-минеральный композит будет статистически изотропен в плоскости x_1, x_2 , а значит,

$$P_{ff}(x) = P_{ff}(r, x_3), r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}. \quad (19)$$

Вследствие статистической изотропии свойств в плоскости x_1, x_2 достаточно построить функцию P_{ff} в произвольной плоскости, проходящей через ось x_3 . Проведем в этой плоскости некоторую прямую $x_3 = mr$. Предположим, что длины отрезков прямой, образованных точками пересечения прямой с поверхностями раздела между связующим и заполнителем, распределены по экспоненциальным законам

$$P_f(\tau_f) = \frac{1}{\omega_f} \exp\left(-\frac{\tau_f}{\omega_f}\right),$$

$$P_c(\tau_c) = \frac{1}{\omega_c} \exp\left(-\frac{\tau_c}{\omega_c}\right), \quad (20)$$

где τ_f – длина отрезка прямой, проходящего через волокно заполнителя;

τ_c – длина отрезка, проходящего через связующее.

Функцию $P_{ff}(x)$ на этой прямой можно рассматривать как условность перехода некоторой системы из f -состояния в f_i -состояние. При этом из соотношений (20) следует, что условная плотность $P_{ff}(x)$ должна удовлетворять дифференциальному уравнению

$$\frac{dP_{ff}(|x|)}{d|x|} + \left(\frac{1}{\omega_f} + \frac{1}{\omega_c}\right) P_{ff}(|x|) = \frac{1}{\omega_c} \quad (21)$$

и условиям (16). Решение уравнения (21) имеет вид

$$P_{ff}(|x|) = \xi + \xi \exp\left(-\frac{|x|}{\xi_c \omega_f}\right), \quad (22)$$

где ω_f – средняя длина хорды пересечения прямой $x_3 = mr$ с эллипсоидом вращения, которым моделируется волокно заполнителя.

Так как волокна расположены хаотически, то все возможные варианты пересечения прямой с эллипсоидами вращения будут равновероятны. Поэтому среднюю длину хорды пересечения прямой с эллипсоидом вращения можно определить как среднюю хорду по объему эллипсоида вращения. Производя необходимые вычисления, получаем

$$\omega_f = \frac{\pi^2 a_1 a_2 \sqrt{1+m^2}}{b(a_2^2 + m^2 a_1^2)^{1/2}}, \quad (23)$$

где a_1, a_2 – размеры полуосей эллипсоида вращения соответственно в поперечном и продольном направлениях.

Подставляя в (23) $m = x_3/r$ и принимая во внимание выражение (22) для условной плотности P_{ff} , окончательно получаем

$$P_{ff}(x) = \xi_f + \xi \exp\left(-\frac{8}{\xi_c \pi^2} \sqrt{\frac{r^2}{a_1^2} + \frac{x^2}{a_2^2}}\right). \quad (24)$$

Используя выражение (24), можно выполнить интегрирование в уравнении (17) и найти явный вид тензора.

Пусть отношение продольного и поперечного размеров волокон заполнителя $k = a_2/a_1 \geq 1$, т.е. древесно-минеральный композит содержит волокна заполнителя в форме вытянутых эллипсоидов вращения. В этом случае получаем пять независимых компонентов трансверсально изотропного тензора $K * P_{ff}$:

$$I_1 = \frac{3\langle\lambda + \mu\rangle}{16\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{k^2(1+2k^2)}{(k^2-1)^2} - \frac{k(1-4k^2)}{(k^2-1)^{5/2}} P \right] - \frac{1}{2\langle\mu\rangle} \left[\frac{k^2}{k^2-1} + \frac{k}{(k^2-1)^{3/2}} P \right];$$

$$I_2 = \frac{\langle\lambda + \mu\rangle}{16\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{k^2(1+2k^2)}{(k^2-1)^2} - \frac{k(1-4k^2)}{(k^2-1)^{5/2}} P \right];$$

$$I_3 = \frac{3\langle\lambda + \mu\rangle}{4\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{3k^2}{(k^2-1)^2} - \frac{k(1-2k^2)}{(k^2-1)^{5/2}} P \right];$$

$$I_4 = \frac{\langle\lambda + \mu\rangle}{2\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{2k^2}{(k^2-1)^2} + \frac{3k}{(k^2-1)^{5/2}} P \right] + \frac{1}{\langle\mu\rangle} \left[\frac{1}{k^2-1} + \frac{k}{(k^2-1)^{3/2}} P \right];$$

$$I_5 = \frac{\langle\lambda + \mu\rangle}{2\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[-\frac{3k^2}{(k^2-1)^2} - \frac{k(1+2k^2)}{(k^2-1)^{5/2}} P \right] + \frac{1}{4\langle\mu\rangle} \left[\frac{2-k^2}{k^2-1} + \frac{k}{(k^2-1)^{3/2}} P \right]; \quad (25)$$

$$P = 1n(k - \sqrt{k-1}),$$

где в (25) обозначено

$$I_1 = K_{1111} * P_{ff}; I_2 = \frac{1}{\xi_c} K_{1122} * P_{ff};$$

$$I_3 = \frac{1}{\xi_c} K_{1133} * P_{ff}; I_4 = \frac{1}{\xi_c} K_{3333} * P_{ff};$$

$$I_5 = \frac{1}{\xi_c} K_{1313} * P_{ff}. \quad (26)$$

Если заполнитель имеет форму сплюснутых эллипсоидов вращения $k = a_2/a_1 \leq 1$, формулы (25) принимают вид

$$I_1 = \frac{3\langle\lambda + \mu\rangle}{16\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{k^2(1+2k^2)}{(1-k^2)^2} + \frac{k(1-4k^2)}{(1-k^2)^{5/2}} Q \right] + \frac{1}{2\langle\mu\rangle} \left[\frac{k^2}{1-k} + \frac{k}{(1-k^2)^{3/2}} Q \right];$$

$$I_2 = \frac{\langle\lambda + \mu\rangle}{16\langle\mu\rangle\langle\lambda + 2\mu\rangle} \left[\frac{k^2(1+2k^2)}{(1-k^2)^2} + \frac{k(1-4k^2)}{(1-k^2)^{5/2}} Q \right];$$

$$\begin{aligned}
 I_3 &= \frac{\langle \lambda + \mu \rangle}{4 \langle \mu \rangle \langle \lambda + 2\mu \rangle} \left[-\frac{3k^2}{(1-k^2)^2} + \frac{k(1+4k^2)}{(1-k^2)^{5/2}} Q \right]; \\
 I_4 &= \frac{\langle \lambda + \mu \rangle}{2 \langle \mu \rangle \langle \lambda + 2\mu \rangle} \left[\frac{2+k^2}{(1-k^2)^2} - \frac{3k}{(1-k^2)^{5/2}} Q \right] - \\
 &\quad - \frac{1}{\langle \mu \rangle} \left[\frac{1}{1-k^2} - \frac{k^2}{(1-k^2)^{3/2}} Q \right]; \\
 I_5 &= \frac{\langle \lambda + \mu \rangle}{2 \langle \mu \rangle \langle \lambda + 2\mu \rangle} \left[-\frac{3k^2}{(1-k^2)^2} + \frac{k(1+2k^2)}{(1-k^2)^{5/2}} Q \right] - \\
 &\quad - \frac{1}{4 \langle \mu \rangle} \left[\frac{2-k^2}{1-k^2} - \frac{k}{(1-k^2)^{3/2}} Q \right], \quad (27) \\
 Q &= \arcsin \sqrt{1-k^2}
 \end{aligned}$$

Если $k = a_2/a_1 = 1$, т.е. включения имеют сферическую форму, из (25) и (27) путем предельного перехода получаем

$$I_1 = I_4 - \frac{\langle 2\lambda + 7\mu \rangle}{15 \langle \mu \rangle \langle \lambda + 2\mu \rangle}; \quad I_2 = I_3 - \frac{\langle \lambda + \mu \rangle}{15 \langle \mu \rangle \langle \lambda + 2\mu \rangle}; \quad (28)$$

Используя формулы (25–28), из (17) находим средние деформации заполнителя ε^f и подставляем их значения в (18). В результате проделанных операций получаем следующие соотношения между средними напряжениями, деформациями, температурой и влажностью:

$$\begin{aligned}
 \langle \sigma_{jk} \rangle &= \mathfrak{J}_1^* \langle \varepsilon_{pp} \rangle \delta_{ik} + 2\mathfrak{J}_2^* \langle \varepsilon_{jk} \rangle + \\
 &\quad + \mathfrak{J}_3^* \langle \varepsilon_{ij} \rangle \delta_{jk} - \beta_1^* Q - \gamma_1^* \Delta W, \\
 \langle \sigma_{33} \rangle &= \mathfrak{J}_4^* \langle \varepsilon_{pp} \rangle + (x_1^* - x_4^*) \langle \varepsilon_{33} \rangle - \beta_2^* Q - \gamma_2^* \Delta W \\
 \langle \sigma_{j3} \rangle &= \mathfrak{J}_5^* \langle \varepsilon_{i3} \rangle, \quad j, k, r = 1, 2. \quad (29)
 \end{aligned}$$

Здесь макроскопические влажностно-термоупругие постоянные древесно-минерального композита $\mathfrak{J}_1^*, \beta_j^*, \gamma_j^*$ определяются формулами

$$\begin{aligned}
 \mathfrak{J}_1^* &= \lambda_c + \xi_f [a_1(\lambda_f - \lambda_c) + a_2(\lambda_f + 2\mu_f - \lambda_c - 2\mu_c)]; \\
 \mathfrak{J}_2^* &= \mu_c + \xi_f P_1(\mu_f - \mu_c); \\
 \mathfrak{J}_3^* &= \xi_f (a_1 - 2a_2 - p_1)(\mu_f - \mu_c); \\
 \mathfrak{J}_4^* &= \lambda_c + 2\mu_c + \xi_f [b_1(\lambda_f - \lambda_c) + \\
 &\quad + b_2(\lambda_f + 2\mu_f - \lambda_c - 2\mu_c)]; \\
 \mathfrak{J}_5^* &= 2[\mu_c + \xi_f P_2(\mu_f - \mu_c)]; \\
 \beta_1^* &= \langle \beta \rangle + \xi_f [d_1(\lambda_f + \mu_f - \lambda_c - \mu_c) + d_2(\lambda_f - \lambda_c)]; \\
 \beta_2^* &= \langle \beta \rangle + \xi_f [d_1(\lambda_f - \lambda_c) + d_2(\lambda_f + 2\mu_f - \lambda_c - 2\mu_c)]; \\
 \gamma_1^* &= \langle \gamma \rangle + \xi_f [d_3(\lambda_f + \mu_f - \lambda_c - \mu_c) + d_4(\lambda_f - \lambda_c)]; \\
 \gamma_2^* &= \langle \gamma \rangle + \xi_f [d_3(\lambda_f - \lambda_c) + \\
 &\quad + d_4(\lambda_f + 2\mu_f - \lambda_c - 2\mu_c)]; \quad (30)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{\Delta} \{1 - \lambda'(2I_3 + I_4) - 2\mu' I_4 - 2I_2 I - \\
 &\quad - 2m_2(I - I_3) + 2[\lambda' m_2 + 2\mu'(l_2 + m_2)]S\}; \\
 a_2 &= \frac{1}{\Delta} [(\lambda' - l_2)(2I_3 + I_4) + \\
 &\quad + 2(\mu' - m_2)I_3 + 2(\mu' l_2 - \lambda' m_2)S]; \\
 b_1 &= \frac{2}{\Delta} [(\lambda' - l_2)I + 2(\mu' - m_2)I_3 + 2(\mu' l_2 - \lambda' m_2)S]; \\
 b_2 &= \frac{1}{\Delta} \{1 - 2\lambda' I - 2\mu'(I - I_3) - l_2(2I_3 + I_4) - \\
 &\quad - 2m_2 I_4 + 2[2\lambda' \mu_2 + \mu'(l_2 + 2m_2)]S\}; \\
 \rho_1 &= \frac{1 - 2m_2(I_1 - I_2)}{1 - 2\mu'(I_1 - I_2)}; \quad d_1 = \frac{2}{\Delta} \xi_c (\beta_f - \beta_c)(I - 2\mu' S); \\
 \rho_2 &= \frac{1 - 2m_2 I_5}{1 - 2\mu' I_5}; \quad d_2 = \frac{1}{\Delta} \xi_c (\beta_f - \beta_c)(2I_3 + I_4 - 2\mu' S) \\
 \Delta &= 1 - \lambda'(2I - 2I_3 + I_4) - \\
 &\quad - 2\mu'(I - I_3 + I_4) + 2\mu'(3\lambda' + 2\mu')S; \\
 d_3 &= \frac{2}{\Delta} \xi_c (\gamma_f - \gamma_c)(I - 2\mu' S); \\
 d_4 &= \frac{1}{\Delta} \xi_c (\gamma_f - \gamma_c)(2I_3 + I_4 - 2\mu' S); \\
 I &= I_1 + I_2 + I_3; \quad S = II_4 - 2I_3^2 - I_3 I_4; \\
 \lambda' &= (\xi_c - \xi_f)(\lambda_f - \lambda) \\
 \mu' &= (\xi_c - \xi_f)(\mu_f - \mu_c); \quad l_2 = \lambda_2 - \langle \lambda \rangle; \\
 m_2 &= \mu_c - \langle \mu \rangle. \quad (31)
 \end{aligned}$$

Технические упругие постоянные арболита: модули Юнга в продольном направлении E^* , в поперечном направлении E^* , коэффициент Пуассона ν^* в плоскости, параллельной направлению волокон, модуль сдвига в той же плоскости μ^* и модуль сдвига в поперечной плоскости μ^* , а также коэффициенты температурных и влажностных деформаций $a_1^*, a_2^*, \eta_1^*, \eta_2^*$ можно выразить через коэффициенты

$$\begin{aligned}
 E^{*'} &= \frac{c}{z}; \quad E^{*'} = \frac{4\mathfrak{J}_2^* c}{2\mathfrak{J}_2^* \mathfrak{J}_4^* + c}; \quad \nu^{*'} = \frac{\mathfrak{J}_1^*}{z}; \quad \mu^{*'} = \mathfrak{J}; \\
 \mu^* &= \mathfrak{J}_2^*; \quad a_1^* = \frac{\beta_1^* \mathfrak{J}_4^* - \beta_2^* \mathfrak{J}_1^*}{c}; \quad a_2^* = \frac{\beta_2^* z - 2\beta_1^* \mathfrak{J}_1^*}{c}; \\
 \eta_1^* &= \frac{\gamma_1^* \mathfrak{J}_4^* - \gamma_2^* \mathfrak{J}_1^*}{c}; \quad \eta_2^* = \frac{\gamma_2^* z - 2\gamma_1^* \mathfrak{J}_1^*}{c}; \quad (32) \\
 c &= z\mathfrak{J}_4^* - 2\mathfrak{J}_1^{*2}; \quad z = 2(\mathfrak{J}_1^* + \mathfrak{J}_2^* + \mathfrak{J}_3^*)
 \end{aligned}$$

На рис. 1 – 3 представлены кривые изменения макроскопических упругих постоянных древесно-минерального композита (арболита) соответственно продольного и поперечного модулей Юнга E_{33}^* и E_{11}^* , а также мо-

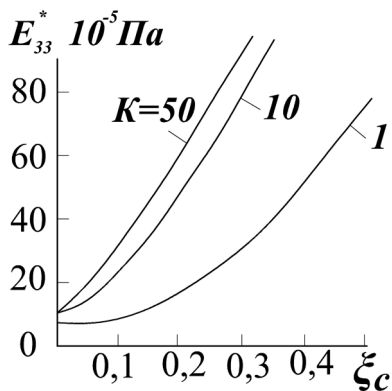


Рис. 1

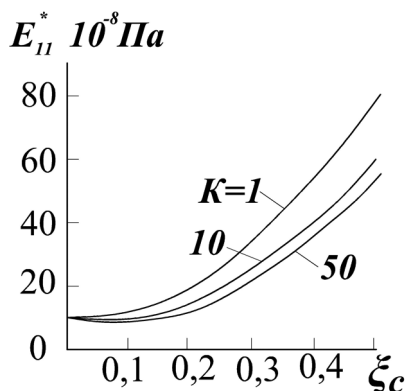


Рис. 2

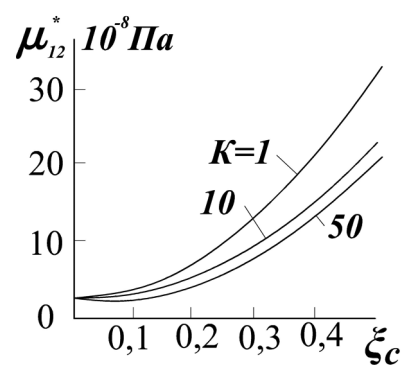


Рис. 3

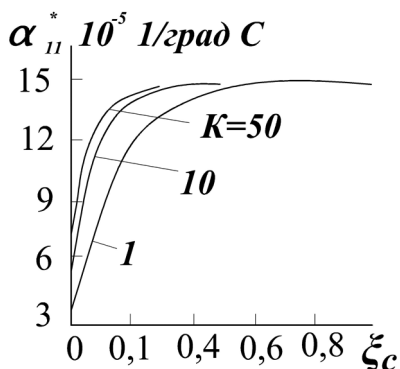


Рис. 4

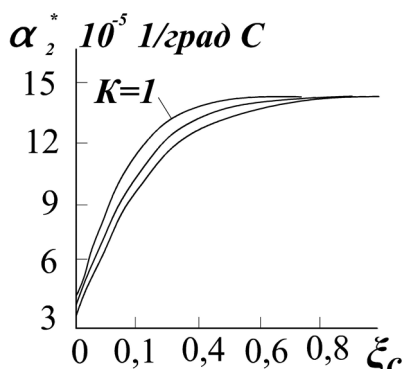


Рис. 5

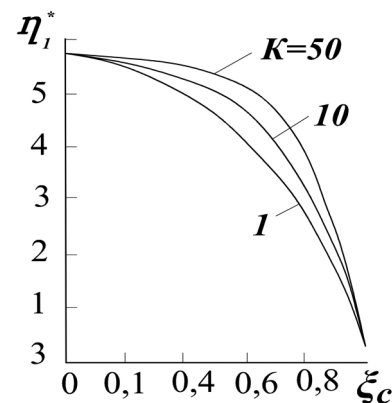


Рис. 6

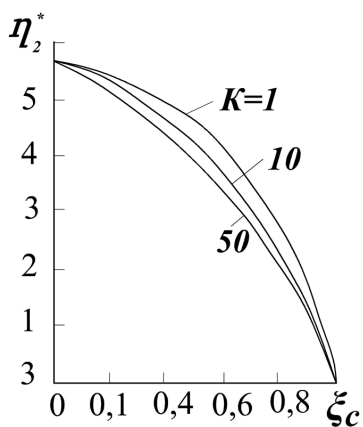


Рис. 7

для сдвига μ_{12}^* в плоскости, перпендикулярной направлению волокон – от концентрации связующего ξ_c . Из этих рисунков видно, что увеличение соотношения K приводит к возрастанию про-

дольного модуля Юнга E_{33}^* и уменьшению поперечных модулей E_{11}^* и μ_{12}^* .

На рис. 4 – 7 изображены изменения макроскопических коэффициентов температурного и влажностного расширения в продольном и поперечном направлениях по отношению к оси ориентации волокон.

При расчетах принималось, что связующее обладает коэффициентом температурного расширения

$$a_c = 15 \cdot 10^6 \frac{1}{градС} \quad (33)$$

и коэффициентом влажностных деформаций $\eta_c = 0,36$.

$$(34)$$

Соответствующие величины для заполнителя равны

$$a_f = 3 \cdot 10^6 \frac{1}{градС}; \eta_f = 5,7. \quad (35)$$

Библиографический список

1. Щербаков, А.С. Арболит / А.С. Щербаков, Л.П. Хорошун, В.С. Подчуфаров. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 200 с.
2. Хорошун, Л.П. Вычисление упругих свойств арболита / Л.П. Хорошун, А.С. Щербаков // Научные тр. Московского лесотехнического института. – 1976. – Вып. 93. – С. 161–166.
3. Щербаков, А.С. Некоторые вопросы теории прочности и деформативности арболита / А.С. Щербаков // Научные труды МЛТИ. – 1960. – Вып. 127. – С. 5–20.
4. Щербаков, А.С. Вопросы теории упругости и деформативности композиционных материалов / А.С. Щербаков и др. // Научные труды МЛТИ. – 1969. – Вып. 222. – С. 131–145.
5. Щербаков, А.С. Методы расчета и прочности и деформативности арболита / А.С. Щербаков // Научные труды МЛТИ. – 1969. – Вып. 216. – С. 5–11.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА

А.С. ЩЕРБАКОВ, *проф. каф. безопасности жизнедеятельности МГУЛ, д-р техн. наук*,
В.И. ЗАПРУДНОВ, *проф. каф. геодезии и строительного дела МГУЛ, д-р техн. наук*

scherb@mgul.ac.ru; zaprudnov@mgul.ac.ru

Обеспечение максимальной несущей способности конструкции из древесно-минерального композита требует изучения зависимости прочности древесно-минерального композита от ряда факторов физико-химического и механического характера. Можно выделить три основных элемента, наличие которых необходимо для обеспечения высокой несущей способности древесно-минерального композита. Это высокая прочность заполнителя, затвердевшего и вяжущего, высокая прочность связи между ними и низкий уровень напряжений в слабых местах композиции. Прочность связи зависит от факторов физико-химического характера, например, вида вяжущего, химической обработки органического заполнителя, способа формования и т.п. Напряженное состояние зависит от чисто механических факторов, таких, как деформативные свойства компонентов, объемное их содержание в материале, форма, размеры и ориентация частиц заполнителя.

Теория механической прочности древесно-минерального композита ставит своей задачей исследование напряженного состояния в композиции в зависимости от деформативных свойств заполнителя и вяжущего, объемного содержания компонентов, пористости, форм включений, их размеров и ориентации с целью выбора оптимальных параметров структур, обеспечивающих минимальные напряжения в опасных местах материала. Экспериментальное решение этих вопросов связано с большими материальными и временными затратами. В связи с этим существенное значение приобретает прогнозирование физико-механических свойств древесно-минерального композита, позволяющее свести к минимуму экспериментальные работы.

В настоящей работе в основу теории деформативности и прочности древесно-мине-

рального композита положена модель механической смеси или композиционного материала.

Суть ее состоит, в том, что древесно-минеральной композит представляется как многокомпонентное образование, на границе компонентов которого выполняется условие непрерывности усилий и перемещений. Если свойства каждого компонента известны, то, пользуясь уравнениями механики деформируемого твердого тела, можно в принципе определить, распределение напряжений и деформаций в материале и его эффективные или макроскопические свойства. Однако практическое решение указанной задачи связано с огромными математическими трудностями. Прежде всего, сказывается нерегулярность расположения включений и их формы в реальном материале, что не позволяет воспользоваться хорошо разработанным классическим аппаратом решения задач сопряжения кусочно-однородных тел. Исключение составляют только слоистые материалы и материалы, армированные непрерывными волокнами. Для слоистых материалов, находящихся под воздействием однородной нагрузки, решение задачи находится в замкнутом виде. Если материалы армированы непрерывными волокнами, вводится предположение о регулярности расположения волокон, в результате чего задача сводится к нахождению, двоякопериодических решений плоской теории упругости.

Характерными особенностями структуры древесно-минерального композита являются дискретность включений, неправильность их формы, а также хаотичность расположения. Это исключает возможность применения методов регуляризации. Постановка и решение задач механика для таких структур возможны только на основе методов теории случайных функций.

Ниже дается постановка и приводится решение задачи о прогнозировании

напряженно-деформированного состояния древесно-минерального композита и его жесткостных и прочностных свойств. Предлагается схема расчета упругих свойств древесно-минерального композита с учетом пористости вяжущего, базирующаяся на модели стохастически неоднородных упругих сред.

Будем рассматривать древесно-минеральной композит как линейно-упругое статистически изотропное тело, для которого справедливы общие уравнения теории упругости.

Поведение линейно-упругого изотропного тела может быть описано тремя группами уравнений [1]. Первая группа представлена уравнениями равновесия

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_3} + F_1 &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial x_3} + F_2 &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{32}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial x_3} + F_3 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжений,
 F_i – компоненты вектора массовых сил.

Вторая группа уравнений определяет тензор деформаций ε_{ij} через вектор перемещений U_j

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{\partial U_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial U_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{33} = \frac{\partial U_3}{\partial x_3}, \quad (2) \\ \varepsilon_{23} &= \varepsilon_{32} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_2}{\partial x_3} + \frac{\partial U_3}{\partial x_2} \right), \\ \varepsilon_{13} &= \varepsilon_{31} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_2}{\partial x_3} + \frac{\partial U_3}{\partial x_1} \right), \\ \varepsilon_{12} &= \varepsilon_{21} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_2} + \frac{\partial U_2}{\partial x_1} \right). \end{aligned}$$

В третьей группе уравнений формулируется закон состояния упругого тела. Для изотропных материалов при изотермических или адиабатических процессах этот закон записывается в форме

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \lambda \varepsilon_0 + 2G \varepsilon_{11}, \quad \sigma_{23} = 2G \varepsilon_{23}, \\ \sigma_{22} &= \lambda \varepsilon_0 + 2G \varepsilon_{22}, \quad \sigma_{13} = 2G \varepsilon_{13}, \\ \sigma_{33} &= \lambda \varepsilon_0 + 2G \varepsilon_{33}, \quad \sigma_{12} = 2G \varepsilon_{12}, \\ \varepsilon_0 &= \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}. \end{aligned} \quad (3)$$

Пятнадцать уравнений трех групп содержат такое же число неизвестных: двенад-

цать компонент симметричных тензоров напряжений и деформаций

$$\begin{aligned} \sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{23} &= \sigma_{32}, \quad \sigma_{13} = \sigma_{31}, \quad \sigma_{12} = \sigma_{21}, \\ \varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}, \varepsilon_{23} &= \varepsilon_{32}, \quad \varepsilon_{13} = \varepsilon_{31}, \quad \varepsilon_{12} = \varepsilon_{21}, \end{aligned}$$

а также три компоненты вектора перемещений U_1, U_2, U_3 .

Пользуясь тензорной символикой, уравнения (1–3) можно записать в более компактной форме

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0; \quad (4)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (U_{i,j} + U_{j,i}); \quad (5)$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{pp} \delta_{ij} + 2G \varepsilon_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3). \quad (6)$$

Индекс после запятой означает дифференцирование по соответствующей координате. По повторяющимся индексам выполняется суммирование. Символом δ_{ij} обозначена дельта-функция Кронекера

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j, \\ 0 & \text{при } i \neq j \end{cases}. \quad (7)$$

К системе уравнений (4–6), определяющей поведение линейно-упругого тела в точках его объема, добавляются условия на ограничивающей поверхности. Задаются внешние поверхностные силы, действующие на тело,

$$\sigma_{ij} n_j \Big|_s = \bar{f}_i, \quad (8)$$

или перемещения точек поверхности

$$U_i \Big|_s = \bar{U}_i, \quad (9)$$

где \bar{f}_i, \bar{U}_i – заданные функции координат поверхности S ,

n_j – компоненты вектора нормали к поверхности S .

Рассмотрим решение системы (4) – (6) для случая неограниченной упругой среды. Подставляя уравнения (5), (6) в систему (4), получаем

$$(\lambda + G) U_{p,pj} + G U_{j,pp} = -F_i. \quad (10)$$

Пусть вектор перемещения убывает на бесконечности как R^{-1} , где $R = (x_p x_p)^{1/2}$.

Тогда из (10), воспользовавшись тензором влияния Кельвина-Соммильяно U_{ij} , найдем

$$U_i(x^{(1)}) = \int U_{ij}(x^{(2)} - x^{(2)}) F_j(x^{(2)}) dx^{(2)}, \quad (11)$$

где

$$U_{ij}(x) = \frac{(\lambda + G)}{8\pi G(\lambda + 2G)R} \left[\frac{\lambda + 3G}{\lambda + G} \delta_{ij} + \frac{x_i - x_j}{R^2} \right], \quad (12)$$

| Модуль | Основная пара | | | | |
|-----------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | λ, G | K, G | μ, G | E, μ | E, G |
| λ | λ | $K - \frac{2}{3}G$ | $\frac{2G\mu}{1-2\mu}$ | $\frac{\mu E}{(1+\mu)(1-2\mu)}$ | $\frac{(E-2G)G}{3G-E}$ |
| G | G | G | G | $\frac{E}{2(1+m)}$ | G |
| K | $\lambda + \frac{2}{3}G$ | K | $\frac{2G(1+\mu)}{3(1-2\mu)}$ | $\frac{E}{3(1-2\mu)}$ | $\frac{EG}{3(3C-E)}$ |
| E | $\frac{G(3\lambda+2G)}{\lambda+G}$ | $\frac{9KG}{3K+G}$ | $2G(1+\mu)$ | E | E |
| μ | $\frac{\lambda}{2(\lambda+G)}$ | $\frac{3K-2G}{6K+2G}$ | μ | μ | $\frac{1}{2} \frac{E}{G} - 1$ |

интегрирование ведется по неограниченному объему $U^{(2)}$.

Представление решения системы уравнений (4–6) в форме (11) позволяет найти перемещения точек среда через массовые силы, действующие в объеме.

Закон состояния линейно-упругого изотропного тела (6) можно переписать в форме

$$\sigma_{ij} = \lambda_{ijn} \varepsilon_{ng}, \quad (13)$$

где λ_{ijn} – тензор упругих постоянных среды
 $\lambda_{ijn} = \lambda \delta_{ij} \delta_{ng} + G(\delta_{in} \delta_{jg} + \delta_{ig} \delta_{jn})$, (14)

Следует отметить, что постоянные Ламе λ, G применяются преимущественно в теоретических работах, а в практике их обычно заменяют другими модулями упругости, чаще всего модулем Юнга E и коэффициентом Пуассона μ , причем

$$E = \frac{G(3\lambda+2G)}{\lambda+G}, \quad \mu = \frac{\lambda}{2(\lambda+G)}. \quad (15)$$

Кроме указанных постоянных в расчетах часто используется модуль объемного сжатия

$$K = \lambda + \frac{2}{3}G. \quad (16)$$

В записи закона Гука (13) может быть использована любая пара из введенных выше модулей. Сводка формул, выражающих модули упругости через основную пару модулей, приведена в табл.

Библиографический список

1. Хорошун, Л.П. Статистическая механика и эффективные свойства материалов / Л.П. Хорошун, Б.П. Маслов, О.М. Шикла и др. – Киев: Наукова думка, 1993. – 390 с.

МОДИФИКАЦИЯ АМИНОАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ СОЛЯМИ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ

С.М. ТАРАСОВ, доц. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛ, канд. техн. наук,
 В.И. АЗАРОВ, проф. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,
 А.М. ИВАНОВА, асп. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛ

caf-htdip@mgul.ac.ru

Аминоальдегидные олигомеры находят широкое применение в лакокрасочной, текстильной, строительной, полимерной, деревообрабатывающей и других отраслях про-

мышленности. Обладая высокой адгезией к различным материалам, данные олигомеры успешно используются в качестве клеев и связующих. Основные преимущества амина-

альдегидных олигомеров в технологическом плане – это их растворимость в воде, высокая стабильность водных растворов, удобство применения, простота получения. Сырье для производства аминокальдегидных олигомеров характеризуется доступностью и относительно дешевой.

Наиболее распространенными в плане использования являются карбамидо- и меламиноформальдегидные олигомеры. Клеи на основе данных олигомеров применяются для склеивания древесины, при производстве мебели, а также целлюлозно-композиционных материалов. В ограниченном количестве аминокальдегидные олигомеры применяются в производстве бумаги и картона.

В связи с ростом требований к продукции, полученной с использованием аминокальдегидных олигомеров, а также с ростом требований к самим олигомерам, осуществляется переход на новый уровень их синтеза. В настоящее время в процессе получения олигомеров участвует все большее количество ранее не опробованных модификаторов, приводящих к заметному улучшению свойств получаемых олигомеров.

Клеи и связующие не только должны отвечать определенным требованиям по физико-химическим свойствам, но также должны быть удобны в применении, иметь достаточный срок хранения и не должны, по возможности, содержать токсических веществ.

Карбамидоформальдегидные олигомеры, со своей стороны, обладают продолжительным сроком хранения и достаточной стабильностью водных растворов, однако в отвержденном состоянии они хрупки и неэластичны. Это объясняется малой гибкостью их молекул, а также наличием значительного количества водородных связей.

Кроме того, карбамидоформальдегидные олигомеры имеют малую водостойкость и содержат определенное количество свободного формальдегида, способного выделяться при отверждении смол, а также из готовых изделий на их основе. По этим причинам карбамидо- и меламиноформальдегидные олигомеры подвергаются модификации.

В качестве модификатора карбамидо-меламиноформальдегидных олигомеров ранее уже отмечался катионный крахмал [1, 2]. Рассматривались различные марки катионного крахмала, из которых для дальнейших экспериментов был выбран катионный крахмал марки «Emcat C3 Jet», зарекомендовавший себя положительно. Было выяснено также, что меламин, входящий в состав карбамидоформальдегидного олигомера и придающий ему водостойкость, является причиной раннего старения дисперсий олигомеров и образования агрегатов [3].

В качестве веществ, снижающих поверхностное натяжение и предотвращающих агрегацию частиц на ранних сроках хранения, нами было предложено использование алкиламидопропилбетаинов высших жирных кислот [4]. Алкиламидопропилбетаины высших жирных кислот являются веществами, широко используемыми в производстве бытовых моющих средств: шампуней, пены для ванн, жидкого мыла. По внешнему виду это жидкости желтого цвета с концентрацией не ниже 30 %. Использование ПАВ в композиции карбамидомеламиноформальдегидных олигомеров привело к повышению сроков хранения водных дисперсий данных олигомеров до 2–3 месяцев без нарушения их физико-химических свойств. Проведенные микроскопические исследования синтезированных олигомеров показали эффективность использования алкиламидопропилбетаина жирных кислот при получении стабильных во времени КМФО.

Однако стабильность данных олигомеров, а также некоторые их физико-химические свойства могут быть улучшены путем ввода в смолу еще одного модифицирующего агента.

В качестве дополнительного модификатора карбамидомеламиноформальдегидных олигомеров мы предлагаем использовать некоторые силикаты. Силикатами называются соли кремниевых кислот общей формулы $x\text{Э}_n\text{O}_m \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$, где Э – атомы Na, Ca, Al, Mg и т.д. Все соли кремниевой кислоты, за исключением силикатов натрия и калия, нерастворимы в воде. Кремниевая кислота, яв-

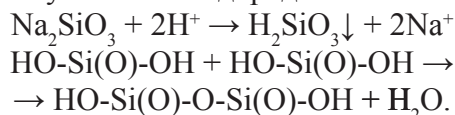
ляясь слабой кислотой, также почти не растворяется в воде.

В качестве модификаторов аминокальдегидных олигомеров мы предлагаем использовать силикаты натрия или калия.

В быту неорганические клеи на основе силиката натрия часто используются для склеивания разнообразных материалов, бумаги, картона, стекла [5]. Жидкие канцелярские клеи, предназначенные в основном для склеивания бумаги и картона, также являются силикатными. По внешнему виду это вязкие прозрачные жидкости, отверждающиеся при комнатной температуре всего за несколько минут.

Клей на основе силиката натрия называют жидким стеклом. Соотношение окиси натрия к окиси кремния в жидком стекле колеблется от 1:3 до 1:4. Удельный вес жидкого стекла составляет обычно 1,45.

Из водных растворов жидкого стекла при определенных условиях получают активную кремниевую кислоту, используемую на предприятиях для очистки воды. Так называемая свежесажженная кремниевая кислота образуется при титровании водных растворов жидкого стекла растворами разбавленных кислот (лучше всего соляной) при pH, близком к изоэлектрической точке (pH=6,5 – 7,0). Полученная кислота тут же вступает в реакцию полимеризации, причем ее катализатором выступает ион водорода.



Образуется так называемый золь, обладающий небольшой вязкостью и имеющий свойство опалесценции. Молекулы кремниевой кислоты в виде частиц золя за счет адсорбирующих сил взаимодействуют с целлюлозным волокном. Процесс коагуляции кремниевой кислоты на волокнах является фактически превращением силиказоля в силикагель с последующим сшиванием его молекулярной структуры по OH-группировкам. Силикагель является эффективным адсорбентом по отношению к растворенным или диспергированным веществам различного характера, в том числе к ионам тяжелых металлов, которые он прочно связывает.

В целлюлозно-бумажной промышленности жидкое стекло используется для проклейки некоторых видов бумаг [6]. Количество применяемого в этих целях жидкого стекла составляет 2–4 % от массы получаемой бумаги. Проклеенная жидким стеклом бумага приобретает меньшую пылимость, увеличивается жесткость и гладкость бумаги, а также повышается зольность. При введении больших количеств жидкого стекла (10–15 %) бумага становится хрупкой и приобретает повышенную прозрачность.

Жидкое стекло имеет щелочную среду, поэтому может также применяться при проклейке бумаги в качестве агента для снижения кислотности оборотной воды.

В качестве осадителя жидкого стекла на волокне используется сернокислый глинозем, нейтрализующий щелочь и создающий кислую среду – pH=4,5.

Кроме того, жидкое стекло используется также для обработки тканей и древесины, что обеспечивает им повышенную прочность.

С целью отработки новой технологии получения устойчивых во времени аминокальдегидных олигомеров была поставлена серия экспериментов, в основу которых была положена модификация наиболее простых и неприхотливых в отношении синтеза карбамидоформальдегидных олигомеров.

Таким образом были получены карбамидоформальдегидные олигомеры, в состав которых в качестве модификаторов вошли силикат натрия, катионный крахмал и алкиламидопропилбетаин жирных кислот, а также пластифицирующий агент – глицерин. В результате срок хранения карбамидоформальдегидного олигомера с 4–5 месяцев в среднем возрос до 9–10 месяцев.

По внешнему виду полученные смолы представляют собой однородные густые белые жидкости без механических примесей и сгустков. И такими же остаются на протяжении 9–10 месяцев хранения.

В качестве модификаторов для экспериментов был принят катионный крахмал марки «Emcat C3 Jet» в количестве ≈5 % по сухому веществу. Мольное соотношение карбамида к формальдегиду составило 1:1,8.

Процентное соотношение основных компонентов полученных КФО

| Компонент | Количество компонента, % по сухому веществу | | | |
|------------------------|--|---|--|--|
| | Интервал использования по анализу всех экспериментов | Смола А (кисловка 1 % соляной кислотой при введении силиката до стадии кислотки) | Смола В (кисловка 1 % соляной кислотой при введении силиката после стадии кислотки) | Смола С (кисловка 5 % серной кислотой при введении силиката порционно до стадии кислотки и после) |
| Формальдегид | 38–42 | 40 | 42 | 38 |
| Карбамид (1 порция) | 31–40 | 40 | 35 | 31 |
| Карбамид (2 порция) | 4–11 | 4 | 11 | 10 |
| Силикат натрия | 2–12 | 6 | 2 | 12 |
| Катионный крахмал | 5–5,7 | 5 | 5,7 | 5 |
| Алкиламидопропилбетаин | 1–2 | 2 | 1,5 | 1 |
| Глицерин | 2,8–3 | 3 | 2,8 | 3 |

Процентное количество основных компонентов полученных смол приведено в табл. 1.

Некоторые образцы карбаминоформальдегидных олигомеров были получены по технологии, в которой присутствует стадия кислотки, полагающая снижение рН до 5–5,5, в некоторых случаях до 6,5 и выдержку смолы при данном рН в течение 10–30 мин.

Теоретически при действии сильных кислот на силикаты натрия или калия в зависимости от концентрации и объемов растворов образуется некое количество кремниевой кислоты. Также в зависимости от концентрации растворов кремниевая кислота может получаться в виде студенистого осадка или в виде коллоидного раствора. На стадии подкисления карбаминоформальдегидная смола с введенным в нее силикатом натрия заметно белела и становилась гуще.

Во время приготовления смолы А для подкисления использовался 1 %-ый раствор соляной кислоты. Строгие наблюдения велись за изменениями визуального состояния синтезирующейся смолы в зависимости от изменения рН раствора. При падении рН до 7,5 смола приобретает голубоватый оттенок. Дальнейшее снижение рН приводит к возрастанию вязкости и обелению смолы. Возможно образование некоторого количества студенистого осадка. Десятиминутная выдержка синтезирующейся смолы при рН=6,5 и дальнейшее подщелачивание системы, а также ввод соответствующих модификаторов

позволили получить олигомер достаточно высокой вязкости при его концентрации по сухому веществу 24,9 %. Приготовленная по данной технологии смола оставалась густой и подвижной на протяжении 9 месяцев. В течение этого времени с олигомером визуально не произошло никаких изменений. Смола осталась однородной, без видимого осадка и комков.

Проверка на разбавление в воде показала, что смешиваемость данной смолы с водой не является 100 %-ной. При разбавлении появляются крупные белые хлопья, что возможно связано с наличием в смоле поликремниевой кислоты.

Образец В был получен по уже отработанной технологии при введении силиката натрия после стадии кислотки, перед вводом дополнительных модификаторов. Получившаяся смола концентрацией 34,2 % по сухому веществу имеет консистенцию белка и на протяжении 4 месяцев остается густой и подвижной, но затем начинает превращаться в киселеобразный сгусток. Микроскопические исследования показывают образование агрегатов частиц.

Технология получения образца С отличается от технологии получения образца А видом подкисляющего реагента и дробным введением силиката натрия (большой частью перед стадией кислотки и меньшей – после). В течение процесса кислотки синтезируемая смола белела, происходило выделение небольшого количества пены. Стабильность

Свойства КФО, модифицированных катионным крахмалом, алкиламидопропилбетаином жирных кислот и силикатом натрия

| Вид олигомера | Свойства | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------|--|------------------------------------|
| | внешний вид 30 %-го водного раствора | массовая доля свободного формальдегида, % | содержание метилольных групп, % | вязкость, мПа·с | время желатинизации при 100 °С с 1 % NH ₄ Cl, с | смешиваемость с водой 1:20 |
| КФО, модифицированный катионным крахмалом | Полупрозрачный с белым оттенком | 0,1–0,2 | 16,8–17,3 | 25 | 55–65 | Полная |
| КФО, модифицированный крахмалом и алкиламидопропилбетаином 1 и 3 % | Полупрозрачный с белым оттенком | 0,1 | 16,5–17,0 | 24 | 60–70 | Полная |
| | | 0,1 | 16,2–16,8 | 23 | 65–75 | Полная |
| КФО, модифицированный катионным крахмалом, алкиламидопропилбетаином и силикатом натрия (Образец А) | Молочно-белый, густой | 0–0,05 | 16,0–16,5 | 35 | 60–70 | Возможен хлопьевидный белый осадок |

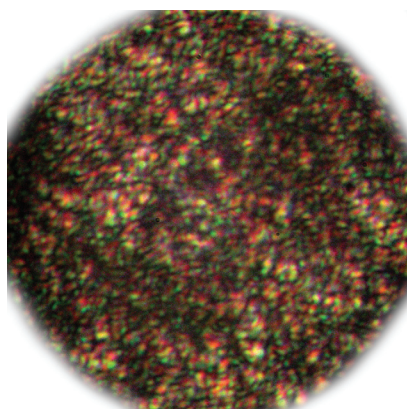


Рис. 1. Дисперсия КФО-олигомера, модифицированного катионным крахмалом, алкиламидопропилбетаином жирных кислот и силикатом натрия во время приготовления

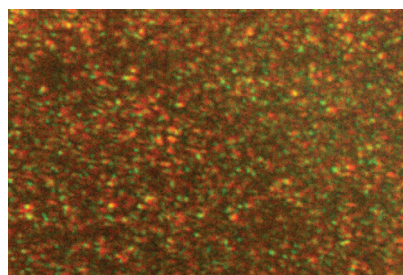


Рис. 2. Дисперсия КФО-олигомера, модифицированного катионным крахмалом, алкиламидопропилбетаином жирных кислот и силикатом натрия, после 2 месяцев хранения

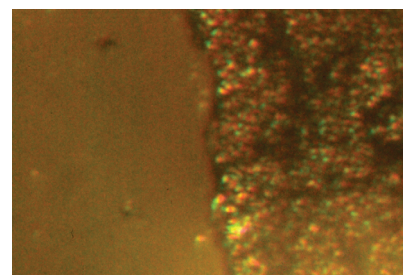


Рис. 3. Дисперсия КФО-олигомера, модифицированного катионным крахмалом, алкиламидопропилбетаином жирных кислот и силикатом натрия, после 10 месяцев хранения, край капли

полученной смолы превысила 2 месяца, после чего она была использована для пропитки образцов древесины.

При разбавлении смол, модифицированных силикатами, наблюдается выпадение осадка.

Исследования в этой области продолжаются. Предполагается, что использование силикатов натрия и калия может существенно сказаться на повышении сроков

хранения дисперсий модифицированных КМФО.

В табл. 2 для сравнения приведены некоторые свойства карбамидоформальдегидных олигомеров, полученных по уже отработанной технологии, и карбамидоформальдегидных олигомеров, в состав которых дополнительно входит силикат натрия.

В данный момент проводятся микроскопические исследования полученных

олигомеров. На сегодняшний день есть результаты, подтверждающие, что применение силикатов калия и натрия в процессе синтеза КФО весьма перспективно. Срок хранения данных смол увеличивается на несколько месяцев, что немаловажно в процессе их хранения и транспортировки. Что касается стабильности, то в течение 6–9 месяцев образцы не подвергаются каким-либо изменениям и по внешнему виду представляют однородную густую белую непрозрачную жидкость.

На рис. 1 приведена фотография КФО, модифицированного ранее представленными модификаторами и силикатами на стадии приготовления до введения алкиламидопропилбетаина. Видны достаточно крупные агрегаты частиц, расходящиеся после того, как в реакционную смесь попадает алкиламидопропилбетаин. На рис. 2 приведена фотография модифицированного КФО после 2 месяцев хранения. Дисперсные частицы расположены по всему объему взятой пробы равномерно. Даже спустя 7 месяцев хранения расположение частиц дисперсии выглядит равномерным.

По истечении 9 месяцев хранения в данной дисперсии начинают происходить изменения. Появляются видимые в микроскоп агрегаты частиц. На рис. 3, к примеру, представлена фотография карбамидоформальдегидного олигомера, модифицированного катионным крахмалом, алкиламидопропил-

бетаином жирных кислот и силикатом натрия, после 10 месяцев хранения.

Однако по сравнению с немодифицированными КФО-олигомерами или же модифицированными одним катионным крахмалом стабильность дисперсий данного состава повышается.

Исследования в области получения КФО и КМФО, модифицированных водорастворимыми солями кремниевой кислоты, в настоящий момент продолжаются.

Библиографический список

1. Азаров, В.И. Синтез катионных крахмалокарбамидоформальдегидных полимеров: науч. тр. / В.И. Азаров, С.М. Тарасов, М.А. Лукьянова. – М.: МГУЛ, 2005. – Вып. 329 (6). – С. 39–42.
2. Тарасов, С.М. Модификация карбамидоформальдегидных олигомеров различными видами катионного крахмала: Науч. тр. / С.М. Тарасов, В.И. Азаров, М.А. Тарасова. – М.: МГУЛ, 2006. – Вып. 335. – С. 71–74.
3. Тарасов, С.М. Исследование стабильности дисперсий аминокальдегидных олигомеров, модифицированных катионными крахмалами: Науч. тр. / С.М. Тарасов, А.М. Иванова. – М.: МГУЛ, 2010. – Вып. 349. – С. 132–141.
4. Абрамзон, А.А. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справочник / А.А. Абрамзон, Л.Е. Боброва, Л.П. Зайченко и др. – Л.: Химия, 1984. – 392 с.
5. Кардашов, Д.А. Синтетические клеи. Изд. 3-е перераб. и доп. / Д.А. Кардашов – Химия, 1976. – 504 с.
6. Иванов, С.Н. Технология бумаги. Изд. 3-е / С.Н. Иванов – М.: Школа бумаги, 2006 – 696 с.

ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫЕ БУМАЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЛАТЕКСОВ

В.А. ВИНОСЛАВСКИЙ, *проф. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,*

В.И. АЗАРОВ, *проф. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,*

А.Н. ЗАРУБИНА, *доц. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, канд. техн. наук*

vinoslavskiy@mgul.ac.ru

Непрерывно возрастающие требования к качеству, эксплуатационным свойствам и экологической безопасности декоративно-защитных бумажных материалов (ДЗБМ), получаемых с использованием полимеров, требуют поиска новых прогрессивных ком-

позиций для пропитки декоративных бумаг. Применение технологических процессов изготовления декоративно-защитных бумажных материалов, базирующихся на использовании полимерных пропиточных составов на водной основе, позволяет снизить вредные выбросы

в атмосферу при пропитке и сушке бумажного полотна. Известно применение высокомолекулярных соединений, получаемых по реакции полимеризации, в виде водных дисперсий, которые используются в качестве пропиточных составов декоративных бумаг [1]. Это позволяет получать рулонные бумажные материалы по технологическому процессу, который сопровождается без выделения вредных веществ, как то: формальдегида, фенола и др. Наряду с этим, полимерная матрица, которая скрепляет целлюлозные волокна и порошкообразный наполнитель в бумажном материале, влияет на его декоративные свойства, износостойкость, долговечность, стойкость к механическим и химическим воздействиям [2–4]. Известно, что полиуретановые полимеры обладают устойчивостью к истиранию, высокой эластичностью, адгезией к различным материалам, водостойкостью, прозрачностью и др. ценными свойствами. Представляло интерес получить ДЗБМ пропиткой текстурной бумаги полиуретановыми латексами марок Латур 1052-3ФК и Латуран.

Пропитка текстурной бумаги водными дисперсиями при содержании сухого остатка 40 ± 5 % ведет к образованию на поверхности бумаги сплошной полимерной пленки, в результате чего получаемый материал теряет декоративные и печатные свойства. Снижение же концентрации полимеров до 15 % и ниже путем разбавления латексов водой позволяет получать бумажно-полимерные материалы удовлетворительного качества. Выясняли влияние содержания сухого остатка полиуретанов в водной дисперсии в диапазоне концентраций 3...11 мас. % и технологических приемов на некоторые физико-механические свойства получаемых материалов. Увеличение концентрации латекса Латур 1052-3ФК с 3 % до 11 % сопровождается ростом разрушающего усилия при растяжении для пропитанной и высушенной текстурной бумаги, о чем свидетельствуют данные рис.1. Причем, разрушающее усилие при растяжении и сопротивление раздиранию материалов увеличивается соответственно на 23 % и 16 % при повышении содержания сухого остатка полимера в водно-дисперсионной среде с 3 % до

11 мас. %. Рост разрушающего усилия при растяжении и сопротивлении раздиранию наблюдается также у облицовочных материалов на основе полиуретанового латекса марки Латуран, что видно из рис. 2. Причем значения содержания полимера в облицовочных материалах примерно на 5...6 % выше массовой доли сухого вещества в растворе, которым пропитывали текстурную бумагу.

Высокие показатели механических свойств облицовочных материалов на основе полиуретановых латексов обусловлены химической структурой полимеров, которые содержат уретановые, эфирные и карбамидные группы, имеющие высокое сродство с целлюлозными волокнами. Полученные результаты позволяют представить рост механических характеристик облицовочных материалов за счет протекания физико-химических процессов, в результате которых межволоконное пространство, поры и капилляры текстурной бумаги заполняются водной дисперсией полимеров, поверхность субстрата смачивается жидкой фазой с последующей адсорбцией молекул воды и глобулярных частиц латекса на активных центрах целлюлозных волокон и порошкообразной двуокиси титана (рис.1, кр.5) [5]. С повышением температуры в процессе сушки бумажного полотна происходит стабилизация коллоидной системы в результате деградации защитных слоев глобул за счет испарения воды и образования приповерхностного слоя. Вначале при испарении воды из-за малых значений коэффициента диффузии глобул полимера в водной фазе повышается их концентрация в поверхностном слое. Частицы приобретают псевдоплотную упаковку, структура которой допускает просачивание воды. По мере нарастания приповерхностного слоя защитные оболочки глобул разрушаются, частицы сближаются и сливаются в сплошную среду, через которую перенос воды может осуществляться по диффузионному механизму. Происходит обезвоживание верхнего слоя, его уплотнение с образованием коагулюма [6]. При этом в межволоконном пространстве и порах образуются крупные комки полимера, соединяющие целлюлозные волокна и дисперсные частицы наполнителя.

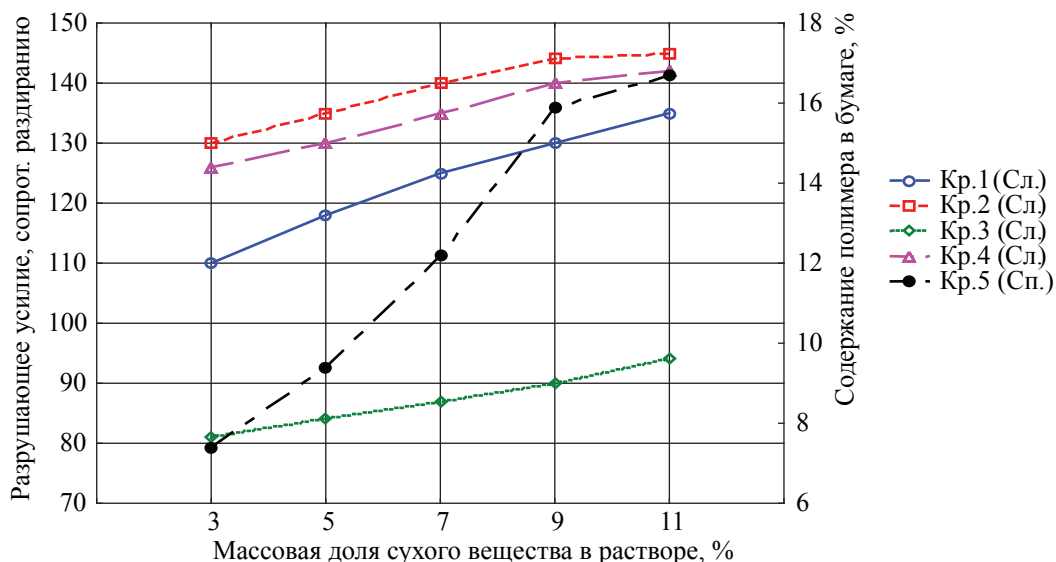


Рис. 1. Зависимость механических характеристик материалов от концентрации латекса Латур 1052-3ФК в водном растворе. Разрушающее усилие при растяжении (кр.1 и 2 в Н) и сопротивление раздиранью (кр. 3 и 4 в мН) соответственно для некаландрованных (кр.1 и 3) и каландрованных 9 проходов (кр.2 и 4)

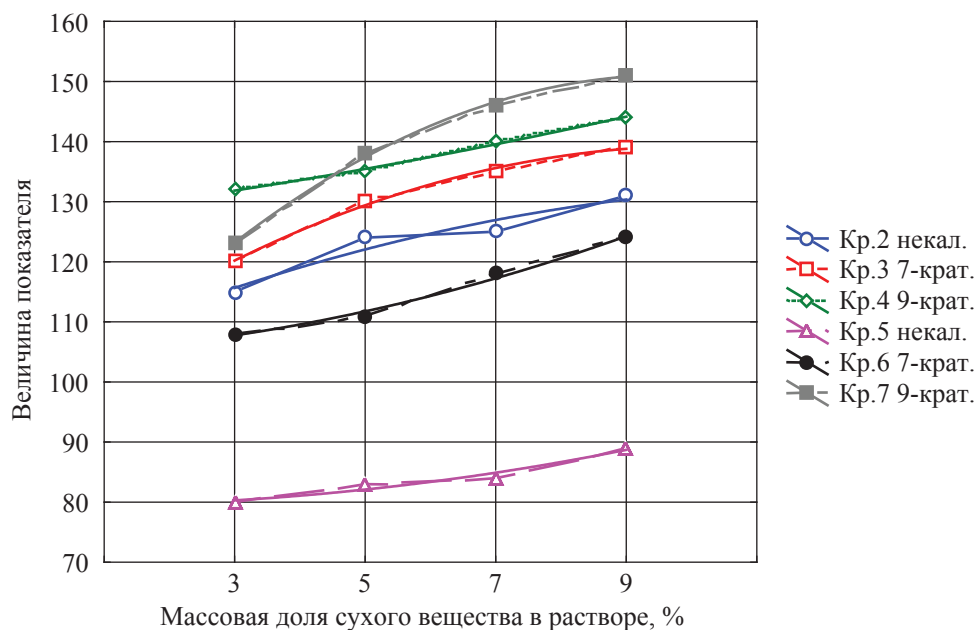


Рис. 2. Зависимость разрушающего усилия при растяжении (в Н, кр.2,3,4) и сопротивлении раздиранью (в мН, кр.5,6,7) материалов от концентрации латекса Латуран в пропиточном растворе. Подгонка кривых: отрицательное экспоненциальное сглаживание

По мере роста концентрации латекса увеличивается содержание скоагулировавшего полимера в пористой структуре декоративной бумаги, что и сопровождается наблюдаемым ростом механических свойств композиционных материалов. Таким образом, в результате контакта частиц полимера и микропористых целлюлозных волокон образуется система, в элементарном объеме которой содержатся

целлюлозные волокна и частицы двуокиси титана, скрепленные дисперсионной средой. При этом когезионная прочность текстурной бумаги повышается в результате заполнения межволоконного пространства полимером, с ростом количества которого механические характеристики материала увеличиваются в результате возрастания в нем сплошной однородной среды. Наличие же в полимерах по-

лярных уретановых и сложноэфирных групп усиливает адгезионное взаимодействие на границе раздела фаз целлюлоза–полимер, что подтверждается данными для облицовочных материалов, содержащих латексы Латур 1052-3ФК и Латуран.

Увеличение адгезионного взаимодействия между волокнами бумаги и макромолекулами полимеров возможно за счет уплотнения пропитанного и высушенного бумажного полотна при помощи операции каландрования, на которой снижаются микропустоты и поры [7]. Об этом свидетельствуют данные рис.1 и 2, из которых видно, что механические характеристики облицовочных материалов, полученных пропиткой бумаги массой 130 г/м² латексами, возрастают с увеличением числа проходов пропитанного бумажного полотна через зазор между валками каландров.

Причем, как видно из рис. 1, происходит рост не только сопротивления раздиранию на 53...69 % с увеличением числа проходов пропитанной бумаги латексом Латур 1025-3ФК через валки каландров, но и возрастает разрушающее усилие при этом. Вероятно, под действием нормальных напряжений, возникающих в зазоре валков каландра, происходит деформация бумажного полотна, переупорядочение и слияние целлюлозных волокон через промежуточную фазу из латекса. Процесс сопровождается выдавливанием воздуха из межволоконного пространства, которое заполняется полимером с одновременной ориентацией макромолекул полимера. Под действием растягивающих сил все элементы структуры ориентируются в направлении действия этих сил. Связи между макромолекулами нарушаются, макромолекулы изменяют свою конформацию, они распрямляются и сближаются. Это увеличивает межмолекулярное взаимодействие за счет усиления физических взаимодействий. С увеличением числа проходов и повышения давления постепенно увеличивается плотность материала и число контактов между волокнами и частицами порошкообразного наполнителя, а также между волокнами и макромолекулами полимеров. При сближении пористых целлюлозных волокон, пространство вокруг ко-

торых окружено полимером и воздухом, возникают мелкомасштабные сдвиговые течения полимера, находящегося в вязкотекучем состоянии. Причем, усиливающий эффект для сополимеров различного химического строения различен (от 12 % для латекса Латуран; до 18...38 % для латекса Латур 1052-3ФК).

Полученные облицовочные материалы имеют достаточно хорошие для рулонных материалов показатели по эластичности, которые практически не зависят от природы используемого полимера и операции каландрования.

Физико-механические показатели полученных материалов зависят от химического строения применяемого для пропитки бумаги полимера, его содержания в водной дисперсии и технологических операций изготовления. Усиление когезионной прочности полимерной матрицы и повышение ее адгезии к волокнистому и порошкообразному наполнителям можно варьировать с помощью полярных уретановых, карбамидных и сложноэфирных групп, находящихся в структуре макромолекул применимых полимеров, а также технологической операции каландрования.

Библиографический список

1. Винославский, В.А. Декоративно-защитные бумажные материалы на основе термопластичных связующих / В.И. Азаров, Т.П. Морозова // Деревообрабатывающая пром-ть. – М.: 1992. – № 6. – С. 13–15.
2. Эрикссон, П. Композиционные материалы. Т.6. Поверхности раздела в полимерных композитах / П. Эрикссон; пер. с англ. – М.: Мир. 1978. – 294 с.
3. Берлин, А.А. Принципы создания композиционных полимерных материалов / С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. – М.: Химия, 1990. – 238 с.
4. Ричардсон М. Промышленные полимерные композиционные материалы: пер. с англ. / Под ред. П. Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1980. – 472 с.
5. Грег, С. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость / Г.К. Син; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
6. Лебедев, А.В. Коллоидная химия синтетических латексов / А.В. Лебедев. – Л.: Химия. 1976. – 100 с.
7. Азаров, В.И. Влияние каландрирования на свойства декоративно-защитных пленок / В.И. Азаров, В.А. Винославский, Т.П. Морозова // Тр. Химико-механическая переработка древесины. – М.: МЛТИ, 1991. – Вып. 237. – С. 60–62.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДИСКОВЫХ ПИЛ В СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Вик.В. АМАЛИЦКИЙ, *проф. каф. станков и инструментов МГУЛ, д-р техн. наук,*
 Вит.В. АМАЛИЦКИЙ, *проф. каф. станков и инструментов МГУЛ, д-р техн. наук,*
 С.А. ПАСЬКО, *асп. каф. станков и инструментов МГУЛ*

amalitski@proc.ru

Техническое оснащение различных деревообрабатывающих производств за последние годы стало значительно сложнее. В деревообрабатывающих станках и инструментах нашли применение многие технические достижения и высокие технологии. Даже простые станки общего назначения имеют системы автоматической настройки и самодиагностики. Автоматизированы целые участки производства: форматного раскроя плит, изготовления клееных брусковых заготовок и балок, раскроя пиловочника и др.

В этих условиях возрастают требования к качеству и надежности инструмента. Требования к качеству различны для инструмента, установленного на позиционном станке общего назначения с ручной или механической подачей, и к инструменту, установленному на автоматической линии или многопозиционном обрабатывающем центре. Остановка такого оборудования по причине отказа инструмента может привести к большим экономическим потерям.

В деревообработке режущему инструменту отводится особая роль, потому что, во-первых, обработка резанием остается наиболее распространенным технологическим процессом, а во-вторых, процесс резания древесины как растительного материала с анизотропной структурой весьма сложен. От качества обработки этим инструментом во многом зависит внешний вид готовых изделий.

Круглые (или дисковые) пилы являются самым распространенным дереворежущим инструментом, применяемым во всех без исключения деревообрабатывающих производствах. Они используются на всех этапах технологического процесса: на заготовительных операциях, при первичной и вторичной обработке и даже на финишных операциях (1). В то же время, несмотря на широкое

применение, пилы являются самым опасным дереворежущим инструментом. Высокая частота вращения и скорость резания до 80 м/с создают реальную опасность для человека, не только работающего на станках с ручной подачей, но и на более сложном автоматическом оборудовании. Пилы требуют сложных защитных ограждений с блокировкой, мощных аспирационных систем.

Все вышеизложенное определило то внимание, которое уделено дисковым дереворежущим пилам в системе сертификации ГОСТ Р. В перечне товаров, подлежащих обязательной сертификации, они выделены отдельной строкой под кодом 8202390000.

Обязательная сертификация, целью которой является определение соответствия продукции требованиям безопасности, предусматривает испытания новых пил на частоте вращения, превышающей рабочую в 1,5–2 раза. Это позволит отобрать действительно безопасные пилы на момент их изготовления. Однако потребителя пил интересует не только безопасность, но и работоспособность пил или, говоря другими словами, стойкость пил по критерию изнашивания. Кроме того, прочность крепления зуба пилы к корпусу тоже может меняться по мере его износа под воздействием сил резания. Поэтому, без сомнения, представляют интерес любые исследования, направленные на дополнение сертификационных испытаний определением показателей износостойкости [2].

Одним из первых шагов в этом направлении являются исследования износостойкости дисковых пил. Результаты закономерности изнашивания пил на периоде стойкости приведены ниже [3].

В соответствии с методикой в испытаниях использовались две новые дисковые пилы с пластинками твердого сплава. Пери-

одически в процессе испытаний после того, как пилы отмывались от налипшей массы древесных волокон, производился замер износа и затупления зубьев. Зубья были пронумерованы, и результат брался как среднее от замера 10 зубьев.

На фотографии (рис. 1) приведено изображение изношенного резца после 3500 п.м. распиливаемых образцов ДСтП. На снимке четко виден износ по боковой поверхности S при пересечении ее с задней поверхностью, износ S_2 в вершине пересечения трех поверхностей: боковой, задней и передней (износ при вершине зуба), затупление ρ главной режущей кромки.

Схема пиления пакета ДСтП на экспериментальной установке модели ЕВ-70 основной и подрезной пилой приведена на рис. 2. Подрезная пила прорезает неглубокий паз (около 3 мм) на нижней стороне пакета в месте выхода из него основной пилы. Тем самым предотвращается появление сколов, возникающих из-за того, что силы резания направлены вниз, в направлении наименьшей прочности облицованной поверхности распиливаемой плиты.

Распиливание пакета ДСтП завершает основная пила. В этом случае на входе зубьев пилы в обрабатываемый материал имеется достаточный подпор материала и сколы не образуются. Кроме того, пиление происходит с попутной подачей. Снижаются силы сопротивления подачи, поскольку направление горизонтальной составляющей силы резания совпадает с направлением подачи. В результате создаются условия, предотвращающие появление сколов.

Следовательно, появление сколов на нижней поверхности нижней плиты пакета зависит от состояния подрезающей пилы, а сколы на наружной стороне верхней плиты пакета формирует основная пила. Поэтому важен процесс изнашивания как основной, так и подрезной пил.

На фотографиях резцов основной пилы, сделанных в процессе испытаний при различных значениях фактического пути резания L_{ϕ} , видно, что вдоль всей передней грани резца пилы происходит износ, харак-

теризуемый величиной S_1 . Износ постепенно увеличивается в направлении от основания резца к его вершине. Уже к 2500 п.м. пути резания четко вырисовывается фаска износа S_2 по задней грани резца. Происходит износ вершины резца по биссектрисе угла заострения и формируется закругление кончика резца, характеризующееся радиусом затупления ρ .

На фотографиях резцов подрезной пилы, сделанных в те же моменты, что и основной, прослеживается тот же характер износа. Прежде чем продолжить анализ износа для основной и подрезной пил, следует отметить различие в условиях их работы.

Условия работы подрезной пилы (рис. 2) характеризует то, что ее резцы прорезают паз в наиболее плотном слое плиты, содержащем большее количество связующего, чем ее средние слои. Этот слой, кроме того, обладает повышенными абразивными свойствами, ускоряющими износ резцов. С другой стороны фактически путь резания подрезной пилы примерно в 1,7 раза меньше, чем L_{ϕ} основной пилы. Силы резания на подрезной пиле меньше из-за меньшей высоты пропила. Подрезная пила имеет меньшее число резцов, чем основная, 48 против 60.

Казалось бы, что износ резцов подрезной пилы должен наступить быстрее. Однако на самом деле наблюдается обратная картина. Резцы основной пилы изнашиваются быстрее, и чем толще пачка рассматриваемых плит, тем это различие заметнее. Исключение составляют подрезные пилы очень малого диаметра – 150–160 мм с небольшим числом резцов.

Основная пила перерезает по высоте всю пачку распиливаемых плит поочередно, прорезая поверхностный плотный слой плиты и более рыхлый внутренний. При этом, если пачка состоит из пяти плит, то основная пила перережет 10 плотных слоев с высоким содержанием связующего, обладающего высокими абразивными свойствами [2].

Другое дело, когда подрезная пила имеет небольшой диаметр – 150–160 мм – и малое число резцов. Здесь возникает обратная картина, особенно при пилении пачки небольшой высоты или одной плиты. Тогда

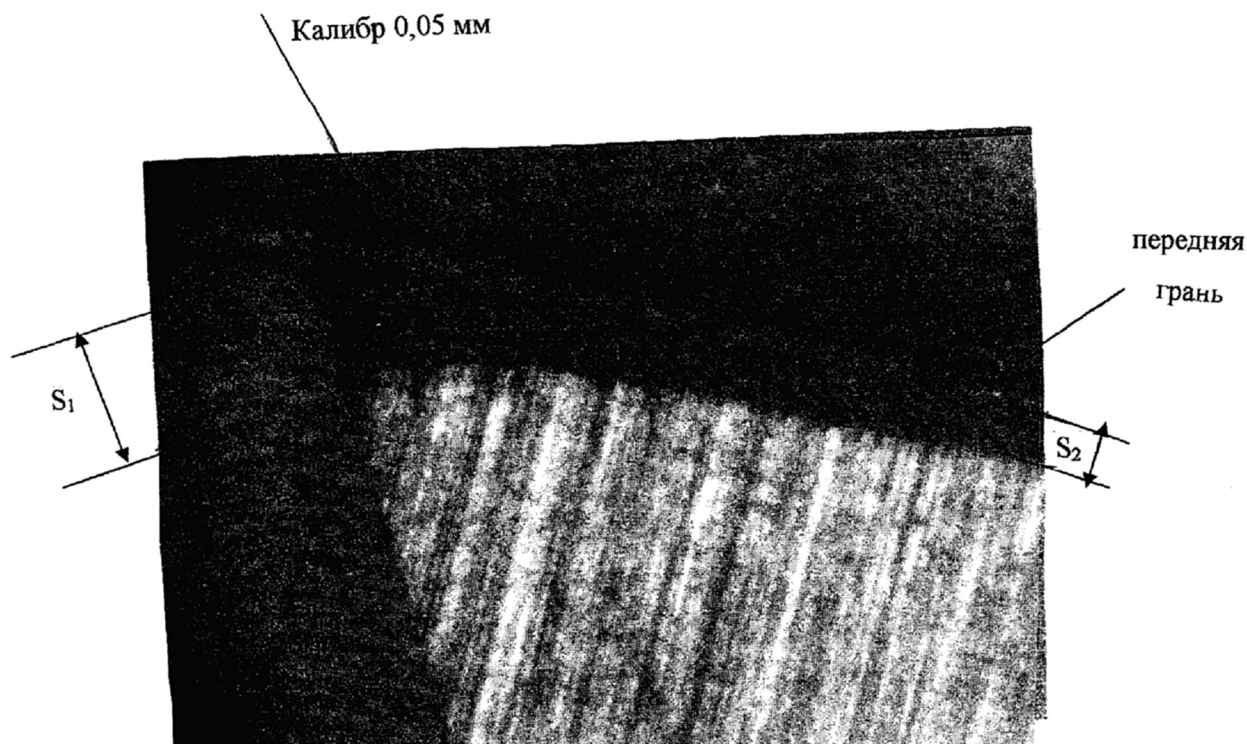


Рис 1. Фотография изношенного резца твердосплавной пилы при $L=3500$ п.м.; увеличение $\times 80$; $\text{Ш}=300$ мм; $Z=60$; $S_z=0,28$ мм; $n=2980$ мин⁻¹; обрабатываемый материал – ДСтП

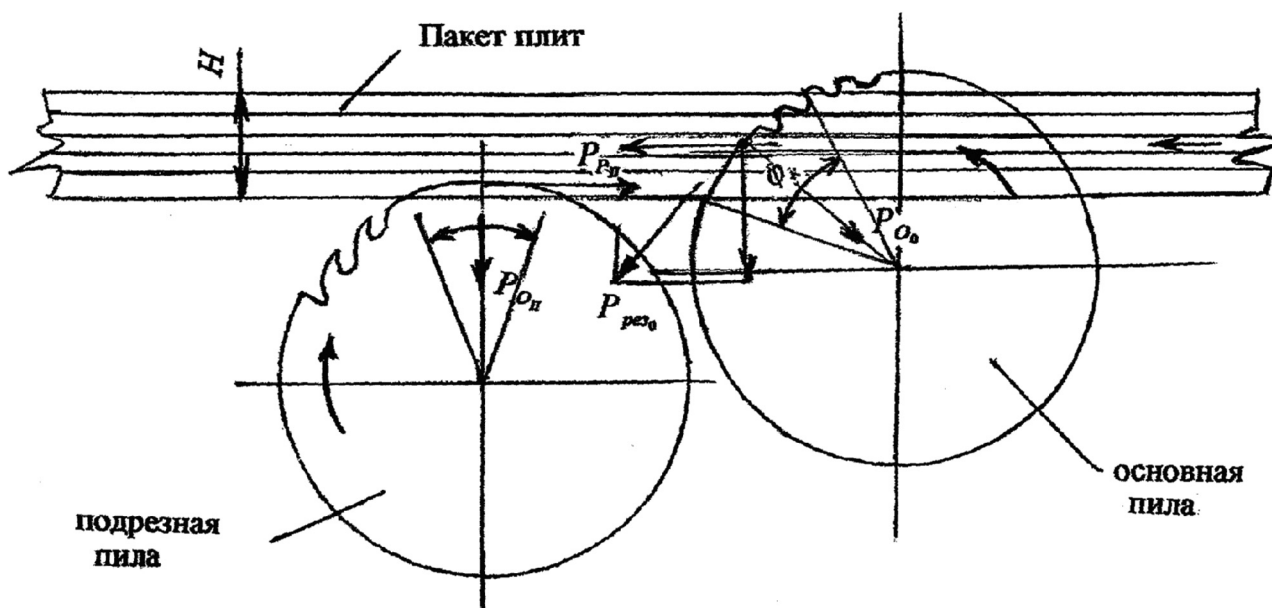


Рис. 2. Схема пиления пакета ДСтП основной и подрезной пилой

расход подрезных пил на выполнение программы распиловки, по сравнению с расходом основных, увеличивается в 3 раза.

Весьма наглядно это показывают профили изношенных резцов при фрезеровании стружечных плит с различным связующим (рис. 3). Износ резца в области внешних сло-

ев ДСтП намного превышает средний износ по толщине плиты.

Результаты исследования износостойкости зубьев пил приведены на рис. 4. Обработывались две различные плиты (на графике плита с более высоким содержанием связующего вверху), но в обоих случаях характер

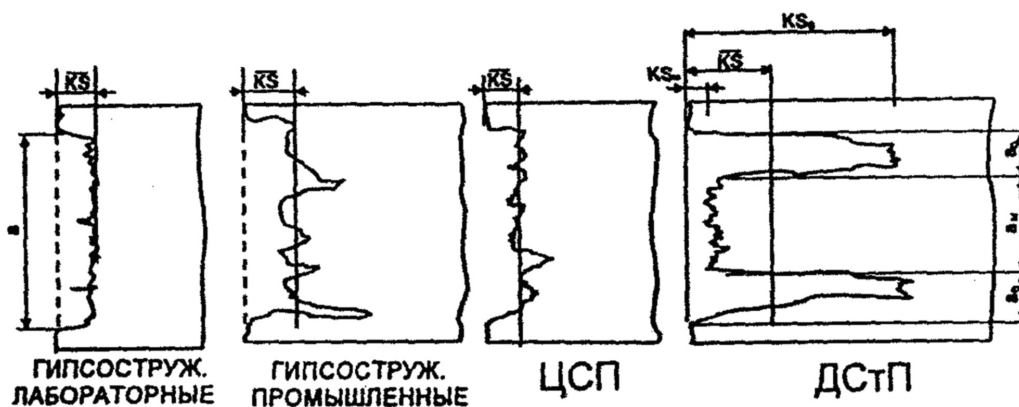


Рис. 3. Профили изношенных резцов при фрезеровании плит на различном связующем. Условия опыта: $D_\phi = 125$ мм; $z=1$; $S_z = 1,5$ мм; $n = 3000$ мин⁻¹; $t=2$ мм; $V_r=40$ м/с; $L_\phi = 5285$ м; $\alpha=15^\circ$; $\beta=55^\circ$; $\gamma=20^\circ$; $a=16$ мм

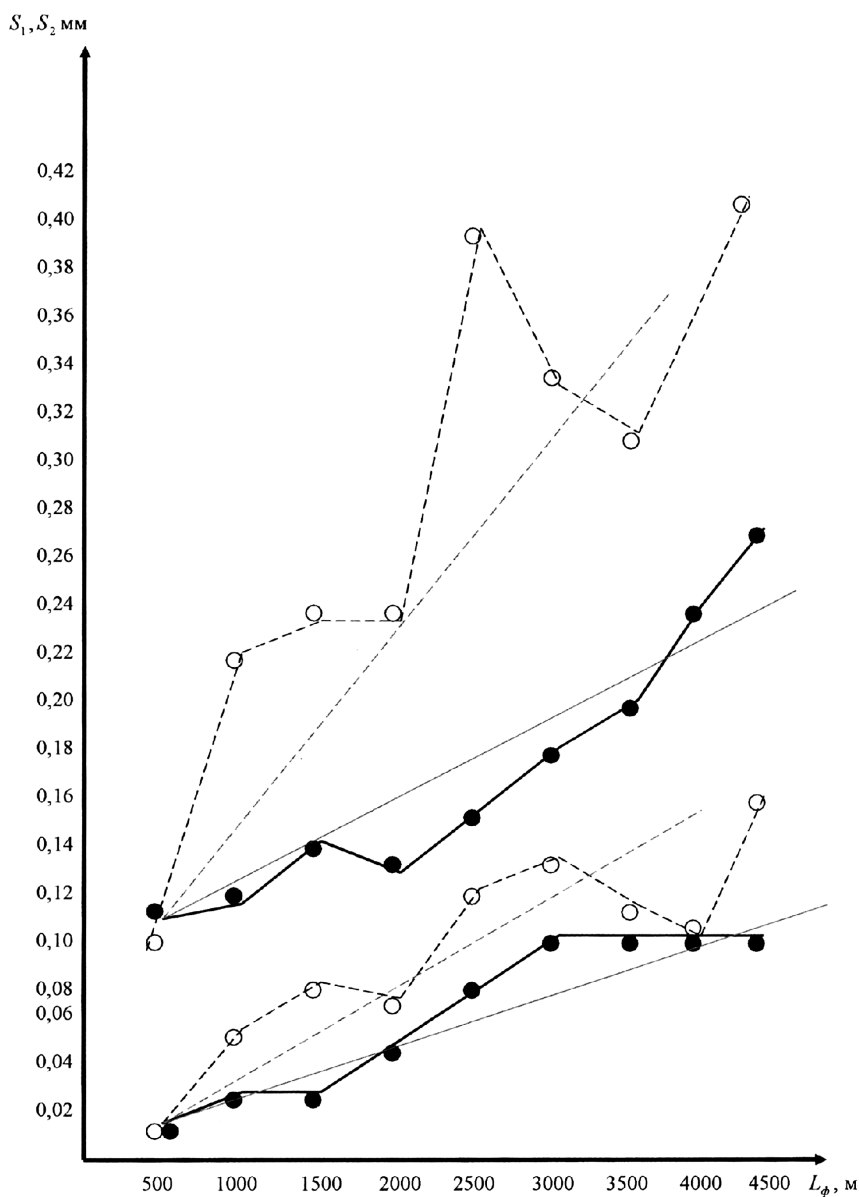


Рис. 4. График зависимости величины фасок износа резца пилы S_1 и S_2 мм от фактического пути резания L_ϕ , м: ——— Подрезная пила $D=3000$ мм, $Z=48$, $S_z = 0,33$ мм, $n = 2980$ мин⁻¹. - - - - - Основная пила $D=3000$ мм, $Z=60$, $S_z = 0,28$ мм, $n=2980$ мин⁻¹. Толщина пачки 48 мм

износа резцов пил был одинаковым. Кривые износа можно аппроксимировать прямыми линиями, что соответствует установившейся фазе износа. Износ резцов основных пил происходит более интенсивно, что показывает увеличивающийся угол наклона прямых.

В опытах распиливалась пачка из 3-х плит, поэтому различие в износе резцов основной и подрезной пилы, особенно для плиты с меньшим содержанием связующего, было незначительным. С увеличением толщины пачки, когда условия пиления основной пилой становятся тяжелей, это различие будет более существенным.

Испытания на первом периоде стойкости дают приблизительную оценку работоспособности пил, о чем говорилось выше. Для установления истинного качества пил по критерию износостойкости потребуются более длительные испытания, включающие обязательную переточку инструмента.

Выводы

1. Износ зубьев дисковых пил при обработке древесно-стружечных плит носит

линейный характер, с увеличивающейся интенсивностью по мере увеличения плотности плит или содержания в них связующего.

2. При распиловке пачки плит износ основной пилы больше, чем подрезающей, при их одинаковом диаметре. В случае уменьшения диаметра подрезной пилы интенсивность износа их зубьев возрастает, что приводит к необходимости увеличения их количества примерно в соотношении 1:5.

Библиографический список

1. Амалицкий, В.В. Оборудование отрасли / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий. – М.: МГУЛ, 2005. – 583 с.
2. Амалицкий, В.В. Определение значений показателей надежности в сертификационных испытаниях дисковых пил с твердосплавными пластинками для обработки древесных материалов / В.В. Амалицкий, С.А. Пасько // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2007. – № 1. – С. 4–7.
3. Амалицкий, В.В. Исследование производственного процесса раскроя древесно-стружечных плит твердосплавными круглыми пилами / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий // *Деревообрабатывающая промышленность*. – М., 2009. – № 5.

ЕЩЕ РАЗ О БЕЗОПАСНОСТИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вик.В. АМАЛИЦКИЙ, *проф. каф. станков и инструментов МГУЛ, д-р техн. наук*,
Вит.В. АМАЛИЦКИЙ, *проф. каф. станков и инструментов МГУЛ, д-р техн. наук*

amalitski@proc.ru

Деревообрабатывающая промышленность в настоящее время имеет весьма разнообразный парк станков и оборудования в основном, к сожалению, зарубежного производства. Крупные предприятия оснащены полуавтоматическими и автоматическими линиями, станками-автоматами, имеющими высокую производительность и современные устройства защиты обслуживающего персонала. В то же время на большом количестве средних и малых производств основу машинной обработки составляют простые станки общего назначения, на которых не всегда имеются даже простейшие средства техники безопасности.

Деревообрабатывающее оборудование, независимо от его сложности, всегда отличалось повышенной степенью опасности в силу высоких скоростей резания и подачи, наличия большого количества отходов обработки. Недаром оно в полном составе включено в список товаров, подлежащих обязательно подтверждению соответствия требованиям технического регламента о безопасности машин и оборудования [1]. Сейчас, когда к его выпуску подключились заводы, никогда раньше его не выпускавшие, вопрос безопасности требует особого внимания. Кроме того, покупка импортного деревообрабатывающего оборудования давно уже стала нормой при

создании новых или модернизации существующих производств. Известно, что имеются различия в требованиях безопасности к станкам у нас в стране и за рубежом.

Все изготавливаемое в России и ввозимое из-за рубежа оборудование должно получить сертификат соответствия требованиям безопасности российского регламента о безопасности машин и оборудования. Для деревообрабатывающего оборудования это требования на электрическую безопасность, допустимый уровень шума и пыли в рабочей зоне, наличие механических и прочих средств защиты и др.

Накопленный опыт работы Центра по сертификации деревообрабатывающего оборудования и инструмента в Московском государственном университете леса позволяет поделиться с работниками промышленности некоторыми соображениями, которые следует учитывать при покупке оборудования. Сразу же надо уточнить, что испытания при выдаче сертификата соответствия не имеют целью установить технологическое качество машины, а направлены на оценку ее безопасности. То есть, по результатам этих испытаний нельзя сказать, насколько лучше этот станок по сравнению с другим, а можно только констатировать, что данный станок является безопасным. То же можно сказать и об инструменте.

Так на что же надо обращать внимание при покупке и приемке импортного оборудования, чтобы быть спокойным за безопасность его эксплуатации? Прежде всего, на наличие всех обязательных устройств безопасности: ограждений, устройств защиты от шума, кнопок аварийной остановки и т. д. Возникают вопросы, как же может быть изготовлен станок без обязательных устройств безопасности, которые предусмотрены не только российским регламентом, но и нормами и директивами Европейского Союза, и как этот станок мог получить сертификат соответствия.

Дело в том, что сертификационные испытания проводятся на заводе-изготовителе и комиссии представляют станок, который полностью соответствует как российским, так и

европейским нормам, а на продажу, с целью снижения цены и привлечения покупателя, предъявляется так называемый базовый вариант станка. Он состоит из минимума узлов и механизмов, без которых машина просто не может работать. Остальное включается в опции, и покупатель набирает эти механизмы в зависимости от того, что ему требуется по технологии, принятой на его производстве, а чаще по тому, сколько у него денег.

Имеются случаи, когда изготовитель включает в опции даже такие устройства безопасности, как кнопки аварийной остановки, тепловую защиту электродвигателей, тормозные устройства пильных и фрезерных шпинделей. В основном это касается простых, недорогих станков, когда стоимость отдельного узла реально влияет на общую цену станка. Это делать категорически запрещается. Иногда встречаются конструктивные ошибки, недопустимые с позиций безопасности оборудования. Например, был поставлен станок, в котором пневматическая распределительная аппаратура была смонтирована в одном шкафу с электроаппаратурой.

Говорить только о недобросовестности изготовителей и продавцов – это только одна сторона дела. Другая сторона – это покупатель. Он, в свою очередь, часто готов приобрести станки, имеющие явные нарушения техники безопасности, за более низкую цену. Не редкость случаи, когда станки покупают люди, далекие от техники, а не те, кто в дальнейшем ее будет эксплуатировать. Например, покупают станки без устройств защиты от шума (кожухов). Станок, конечно, функционирует и без них, но здоровье рабочего от этого не улучшается. Во всех случаях, приобретая станок, не отвечающий требованиям безопасности, вы рискуете здоровьем человека, работающего на нем.

Нам могут возразить – ведь должен проводиться ежегодный инспекционный контроль сертифицированной продукции. Да, но этот контроль опять же проводится на заводе-изготовителе, где инспектируются станки в полном соответствии с нормами безопасности. Конечно, когда мы узнаем о нарушениях, то вмешиваемся и исправляем

положение. Однако проверить каждый продаваемый станок просто невозможно физически.

Еще одна проблема. К нам обращаются некоторые покупатели с претензиями, что приобретенное сертифицированное оборудование не соответствует условиям эксплуатации. Такие вопросы надо решать при заключении договора, четко формулируя, что Вам требуется, а при получении оборудования проверять соответствие покупаемого оборудования требованиям, записанным в договоре. Опять же, если договор заключает человек, не сведущий в деталях технологического процесса, то велика вероятность покупки оборудования, которое не соответствует задачам и условиям производства.

Есть еще одна очень важная сторона проблемы – слабое знание работниками промышленности нормативных документов по технике безопасности оборудования и, в первую очередь, ГОСТ12.2.026.0, ГОСТ Р МЭК 60204-1, ГОСТ 25223. Это мешает правильно сформулировать требования к изготовителю или продавцу [2]. К сожалению, то же можно сказать об отечественных производителях, которые впервые взялись за изготовление деревообрабатывающих станков.

В свою очередь, иностранные изготовители практически ничего не знают о наших нормативах безопасности. В то же время требования российского технического регламента фактически полностью совпадают с требованиями документации Европейского Союза (Directive 2006/42/EC of the European Parliament, 17.05.2006), регламентирующей нормы безопасности при работе на них. Следовательно, выполнение требований безопасности ЕС равноценно выполнению технического регламента даже без знакомства с содержанием. Надо изготавливать машины в полном соответствии с европейскими нормами, и они будут соответствовать российским требованиям.

И последнее. Никакие технические устройства, в том числе и устройства безопасности, не могут полностью исключить влияние человеческого фактора. Элементарное несоблюдение технологической дисциплины,

а иногда и сознательный уход от соблюдения требований безопасности, вплоть до изощренных способов отключения устройств безопасности с целью «облегчения работы», могут стать причиной трагедии. Чего только стоит распространенная практика удаления мелких отходов обработки или застрявшей заготовки без остановки станка. Редко увидишь, чтобы на круглопильном станке с ручной подачей работали с ограждением пилы. Таких примеров множество.

Практика показывает, что только грамотный оператор, знающий рабочую машину, умеет работать качественно и производительно, не нарушая техники безопасности. В Московском государственном университете леса при кафедре станков и инструментов открыт Учебный центр, в котором повышают квалификацию операторы деревообрабатывающих станков, в том числе и с компьютерным управлением, а также инженерно-технические работники и руководящий состав предприятий страны. Здесь обучающиеся операторы могут не только осваивать новое оборудование, но и обязательно узнают, как безопасно эксплуатировать его.

Заключение

Обеспечение безопасности деревообрабатывающего оборудования является важнейшей задачей, поэтому внимательно проверяйте покупаемое оборудование до пуска его в эксплуатацию. Требуйте от продавцов и изготовителей включения в базовую комплектацию станков всех без исключения, положенных по стандартам, элементов и устройств безопасности. Привлекайте к покупке оборудования и инструментов специалистов. Допускайте к работе на деревообрабатывающем оборудовании только хорошо обученных операторов.

Библиографический список

1. Технический регламент о безопасности машин и оборудования. – Постановление Правительства РФ № 753 от 15.09.2009 г.
2. Щербаков, А.С. Безопасность жизнедеятельности в лесопромышленном производстве и лесном хозяйстве / А.С. Щербаков и др. – М.: МГУЛ, 2009. – 650 с.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОЧНОСТИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ И ЗДАНИЙ

А.Н. ШУЛЬЦ, проф. каф. физики МГУЛ, д-р техн. наук

caf-physics@mgul.ac.ru

Многие проблемы лесопромышленного комплекса (ЛПК) можно решить утилизацией низкопотенциальных тепловых ресурсов (НТР). Большинство (НТР) можно представить как совокупность двух категорий – естественной среды и ноосферы. По Вернадскому, под ноосферой подразумевается часть среды, преобразованной человеком. Рассмотрим динамику глобальных климатических процессов и их влияние на распределение ТР естественной среды.

В работах В.В. Клименко [1] показано, что глобальное потепление – это твердо установленный научный факт. В основе Конвенции о глобальном изменении климата и Киотского протокола лежит положение о том, что человек потребляет все возрастающие объемы органического топлива, существенным образом увеличивая количество выбрасываемых парниковых газов. Рост концентрации двуокиси углерода, *продукта преимущественно антропогенного происхождения*, существенно влияет на глобальный тепловой баланс.

Вместе с тем, заметное потепление происходит также в результате эволюции естественных факторов, неподвластных воле человека. Наиболее интенсивно потепление будет развиваться в течение ближайших 50 лет, за это время средняя температура повысится примерно на $0,7^{\circ}\text{C}$, то есть приблизительно так же, как и за все XX столетие. По оценкам, пик глобального потепления будет зафиксирован на уровне около $1,5^{\circ}\text{C}$ выше современного, но произойдет это примерно через 100 лет. Это объясняется термической инерцией глобальной климатической системы. Примерно такой же результат был бы получен, если бы сейчас внезапно прекратился рост всех антропогенных выбросов – и в этом случае температура все равно продолжала бы расти.

Важно подчеркнуть, что потепление чрезвычайно неравномерно распределено как в пространственном, так и в сезонных отношениях. Заметное потепление фактически зафиксировано на территории всего пяти государств: Канады, России, Казахстана, Монголии и Китая. Зона наиболее интенсивного потепления – это вся Россия к востоку от Москвы (по данным В.В. Клименко).

В последние годы XXI столетия отмечались аномально высокие летние температуры в мегаполисах Европы, США и Японии. В этот период наблюдается резкий рост энергопотребления. Правительства многих стран вынуждены принимать меры по ограничению энергопотребления населением в этот период. Наиболее существенное следствие роста среднегодовых температур – это отступление границы вечной мерзлоты. Оценки показывают, что в течение ближайших 50 лет нулевая изотерма среднегодовой температуры, соответствующая положению южной границы распространения вечной мерзлоты, сместится на 400–600 км в северо-восточном направлении, в регионы интенсивной разработки нефтегазовых месторождений.

Собственно, разрушение мерзлоты в зависимости от локальных условий может занять еще несколько десятилетий, в течение которых должны быть приняты соответствующие адаптационные меры.

В основном потепление сосредоточено в холодное время года – зимой и ранней весной. В эпицентрах потепления средиземные аномалии (отклонения от нормы) в 7–8 раз превышают среднеглобальные, то есть зимы в Московской области реально потеплели на 4°C за последние 100 лет и на 2°C – за последние 40 лет.

Каковы важнейшие последствия глобального потепления для России?

Произойдет сдвиг природных зон: границ тундры, лесотундры и тайги в северных направлениях. Произойдет повышение продуктивности лесов, значительное продление вегетационного периода, расширение зоны устойчивого земледелия, значительное сокращение отопительного сезона.

Мониторинг тепловых ресурсов (ТР) естественной среды

Согласно данным Л.Л. Васильева (ИТМО АН БССР), [2] тепловой поток, воспринимаемый испарительной частью тепловых труб (ТТ), расположенных вертикально в грунте вплоть до глубины 15–20 м, равен 10–15 Вт на каждый метр глубины. Теплопотери $\sum Q_{\text{н}}$ в окружающую среду в осенне-зимний период в средней полосе Европы составляют 100–200 Вт/м². Таким образом, имея испаритель длиной 15–20 м, можно извлечь из глубинного сухого грунта до 200 Вт и полностью скомпенсировать указанные выше теплопотери. Если грунт насыщен теплыми грунтовыми водами, то тепловой поток из земли одной ТТ можно увеличить в 2–3 раза.

Тепловой поток солнечной радиации $Q_{\text{ср}}$ для средних широт Европы колеблется в пределах 0,5–1,5 кВт.м², в южных широтах России – от 1-го до 2-х кВт/м². Известно также, что суточные температурные колебания распространяются в грунте на глубину менее 1 м, а сезонные – на глубину около 10 м.

Тепловыделение биомассы оказывается достаточным для обогрева теплиц в зимний период вплоть до –15°С.

Для решения вопроса утилизации естественных низкопотенциальных тепловых ресурсов (ТР) является необходимым знание об охлаждающем импульсе атмосферного воздуха θ [град × сутки]. Для большинства регионов России этот параметр имеет достаточно высокое значение (рис. 1).

Данное обстоятельство позволяет заключить, что климатические условия России весьма благоприятны для утилизации охлаждающего импульса атмосферы.

Удельная плотность энергии солнечного излучения оценивается для южных широт

1–1,5 кВт/м². Значительный тепловой ресурс содержат геотермальные источники.

Известна проблема теплового загрязнения водоемов АЭС. Теплосброс в муниципальных сточных коллекторах характеризуется значительным потенциалом. Его можно оценить по разности температур ΔT между входящей на подогрев в теплообменники распределительных узлов холодной воды и температурой сточных коллекторных вод. По разным оценкам она составляет в среднем ΔT 7–12°С в зависимости от сезона.

Мониторинг тепловых ресурсов ноосферы

Рост энергопотребления сопровождается увеличением числа и суммарной мощности низкопотенциальных тепловых источников ноосферы. Природа, качество и удельная мощность ТР ноосферы непрерывно изменяются.

Из работ Л.Л. Васильева [2] известно, что тепловыделения от животных при их пристойковом содержании достаточно для отопления помещений, в которых они содержатся. При проветривании этих помещений значительную часть тепла можно вернуть с помощью пленочных теплообменных аппаратов.

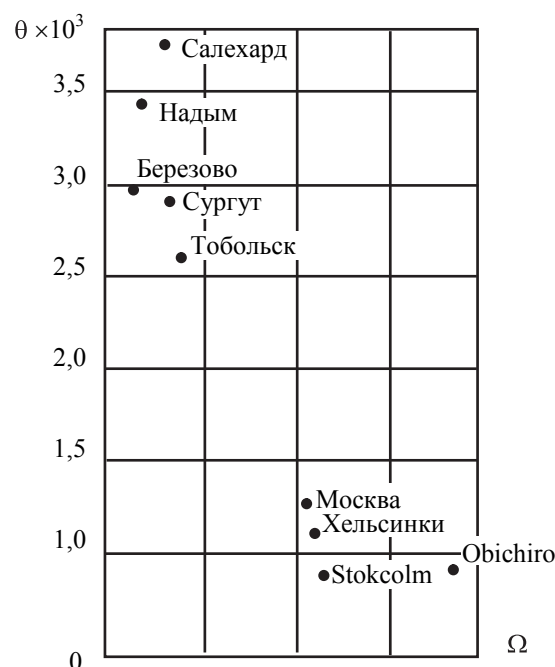


Рис. 1. Зависимость суммарного охлаждающего импульса атмосферы θ от географического расположения объекта и от среднегодовой температуры Ω , (°С/сутки) ● : – ○ – данные автора [3]

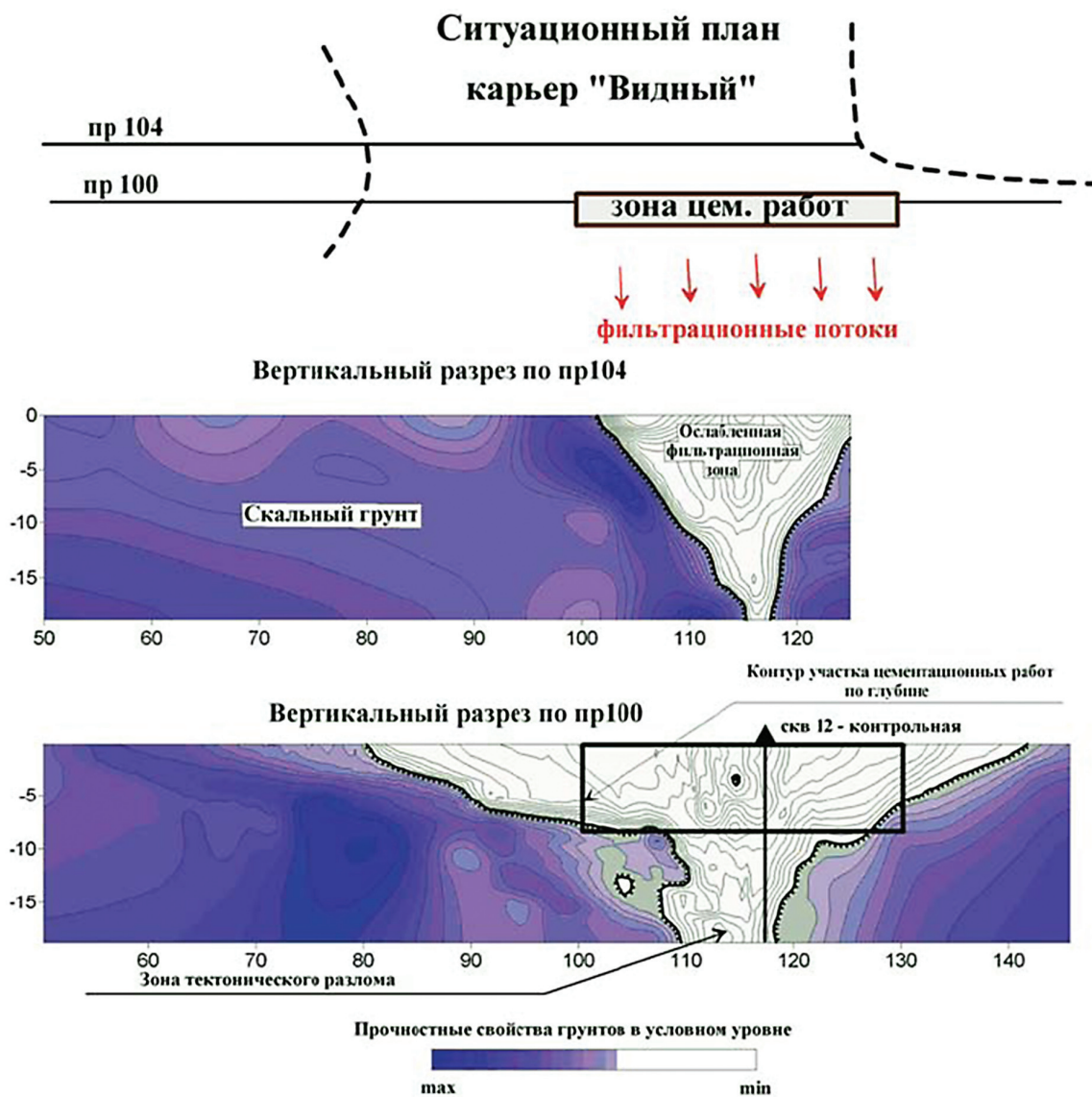


Рис. 2. Результаты контрольных геофизических исследований по карьеру Видный

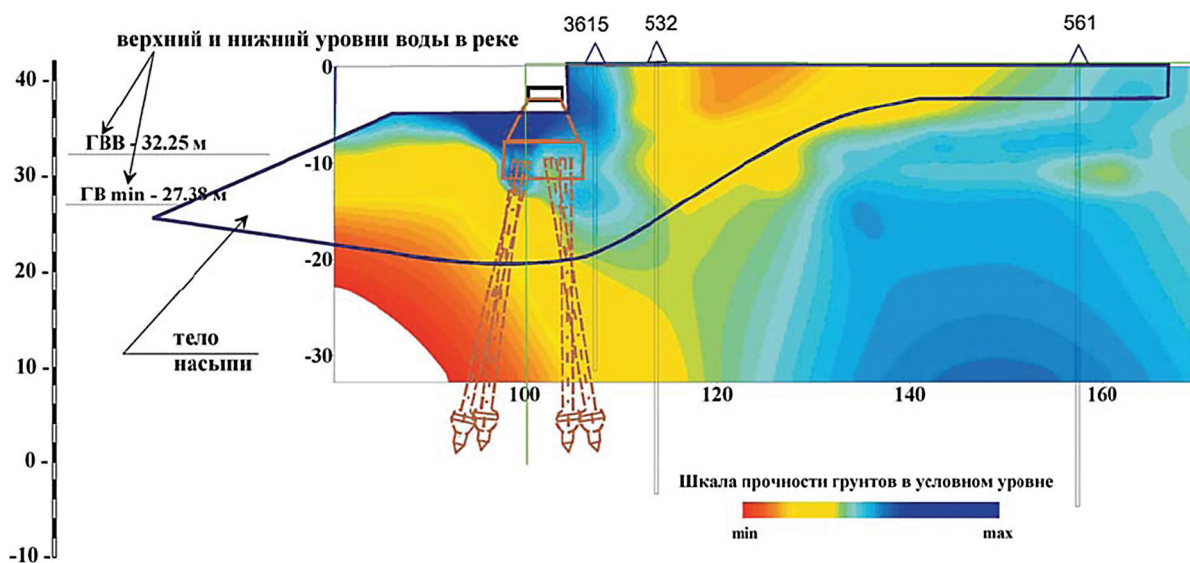


Рис. 3. Результаты геофизических работ по выявлению ослабленных зон в массиве грунтов тела и основания левобережной подходной насыпи и устоя комбинированного моста через р. Норильская [7]

Аналогичным образом можно организовать возврат тепла при проветривании жилых помещений городских зданий, коттеджей и т.д.

Рост благосостояния общества в первую очередь сопровождается (помимо роста энергопотребления) возрастанием транспортных услуг. Стремительный рост числа автомобилей за последние годы в Москве становится серьезной экологической проблемой. Хорошо известно, что к.п.д. современных двигателей внутреннего сгорания не превышает 38 %. Следовательно, 62 % тепловой мощности автомобильного транспорта можно считать ТР ноосферы.

Решение проблем использования тепловых ресурсов естественной среды и ноосферы для нужд народного хозяйства

Утилизировать рассмотренные выше ТР можно с помощью испарительно-конденсационных теплообменников (ИКТ). Среди них известны тепловые трубы (ТТ), в которых замкнутая циркуляция теплоносителя обеспечивается капиллярными и массовыми силами. К настоящему времени разработаны теоретически и доказаны экспериментально новые подходы к проектированию ИКТ с новыми теплофизическими свойствами и потребительскими качествами, например ИКТ с холодильным эффектом (Г.Ф. Смирнов, А.Н. Шульц [4]). В таких устройствах для управления тепломассопереносом используются различные физические явления: электрокапиллярный эффект (М.К. Болога [5]), эксергетические ресурсы парового потока (А.Н. Шульц [4]), автоколебания в парожидкостном тракте (Г.Ф. Смирнов). Сочетание таких ИКТ с тепловыми аккумуляторами (В.В. Галактионов [6]) позволяет значительно расширить область применения таких устройств в ЛПК и народном хозяйстве страны.

С их помощью можно обеспечить замораживание грунта за счет естественного охлаждающего импульса атмосферного воздуха. В этой связи наиболее перспективны области их использования:

1) упрочнение вечномерзлых оснований дорог, фундаментных устоев мостов и зданий;

2) упрочнение массива земляных защитных дамб;

3) создание подземных аккумуляторов холода, используемых в летнее время для продуктовых складов-холодильников,

4) сброс тепла при тепловом загрязнении водоемов атомных электростанций (АЭС).

Актуальна также проблема загрязнения атмосферы продуктами антропогенного происхождения, в их числе, например, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Утилизация тепла выхлопных газов ДВС транспорта могла бы обеспечить работу автомобильных холодильных машин-кондиционеров и частично снять остроту данной проблемы.

Пример использования ИКТ для упрочнения грунта

В качестве примера использования ИКТ рассмотрим опыт их использования для упрочнения фундаментных устоев шести-пролетного моста через реку Норильская [7]. Введен он в эксплуатацию в 1965 г. Перемещения левобережной опоры моста происходили с момента сдачи его в эксплуатацию, что создавало аварийную ситуацию. Для решения проблемы применялись ИКТ и термометрические скважины в основании левобережной подпорной насыпи.

Геофизические исследования методом томографического сейсмоакустического просвечивания показали, что грунты в основании насыпи находятся в консолидированном мерзлом состоянии, на что указывают повышенные значения прочности. На других участках, примыкающих к фундаментным устоям моста, грунты находятся в талом состоянии и имеют пониженные значения прочности. Перемещения опоры моста были вызваны низкими значениями несущей способности грунта в ее основании. Динамика процессов хорошо проявляется и на прочностных характеристиках насыпи. Однако вблизи железнодорожного полотна наблюдается крошение ледяного массива вследствие возникновения вибраций при прохождении железнодорожных составов. Пористость насыпного грунта возрастает до 40 %, и его прочность резко падает.

На основании результатов геофизических исследований (рис. 3) разработаны рекомендации по восстановлению несущей способности грунтов в основании фундаментных устоев моста путем применения ИКТ, выполненных в виде свай.

Выводы

1. Границы зон вечной мерзлоты сместятся на 400–600 км в северо-восточном направлении России.

2. Разрушение вечной мерзлоты приведет к ослаблению прочности вечномерзлых оснований дорог, мостов и зданий, а также массива земляных защитных дамб на обширной территории нефте- и газопромыслов Восточной Сибири и Байкало-Амурского региона.

3. Возрастает загрязнение атмосферы продуктами антропогенного происхождения.

4. Большинство из перечисленных проблем могут быть решены с помощью ИКТ.

Библиографический список

1. Клименко, В.В. Мониторинг глобальных климатических процессов / В.В. Клименко // Тр. между-

конф. «Математические и физические методы в экологии и мониторинг природной среды». (23–25 октября 2001). – М., МГУЛ, 2001. – С. 43–52.

2. Васильев, Л.Л. Тепловые трубы для нагрева и охлаждения грунта / Л.Л. Васильев // ИФЖ. – Т. 52. – № 4. – С. 676–687.

3. Шульц, А.Н. Мониторинг низкопотенциальных тепловых ресурсов и решение проблем их утилизации / А.Н. Шульц // Труды РНКТ-3; 21–25 октября 2002. – М., Т.1. – С. 130–133.

4. Shults A.N., Kharchenko V.N. Exergetic approach to the problem of heat transfer intensification in heat pipes/8th International Conference Heat Pipe.(14-18 September 1992. Beijing) China.

5. Болога, М.К. Электрогидродинамические испарительно-конденсационные системы / М.К. Болога, И.К. Савин; под общ. ред. Л.Л. Васильева. – Кичинев «Штиинца», 1991. – 277 с.

6. Шульц, А.Н. Методы стабилизации вечномерзлых оснований дорог, фундаментных устоев мостов и зданий / А.Н. Шульц, И.Г. Рябинина // Тр. между. конф. I'CAT «Передовые технологии XXI века». (6-7 октября 1998) П2. Энергетические установки и вопросы теплообмена. – 1998. – С. 130–136.

7. Воронков, О.К. Выявление и количественная оценка льдосодержания грунтов каменно-набросных плотин в криолитозоне методом сейсморазведки / О.К. Воронков // Матер. 3 конференции геокриологов России. – 2005. – Т. 3.

О НЕКОТОРЫХ «ПАРАДОКСАХ» КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Д.Г. ШИМКОВИЧ, *проф. каф. теории и конструирования машин МГУЛ, д-р техн. наук*

shimkovich@mgul.ac.ru

При анализе различных задач с использованием метода конечных элементов достаточно часто возникают различные «парадоксы» – несоответствие получаемого решения имеющемуся аналитическому или ожидаемому качественному результату. В статье рассматриваются и обсуждаются две такие задачи – об упругой устойчивости и прогибах балок.

Устойчивость балки корытного профиля

Рассмотрим следующую задачу: стальная тонкостенная балка корытного профиля с размерами сечения 250×600×4 мм длиной 9 м заделана на одном конце и нагружена силой 10000 Н на другом (рис. 1). Пусть геометрия

данной конструкции подготовлена как твердотельная и для сокращения времени создания конечно-элементной модели разбита на пространственные тетраэдральные (Tetra) элементы второго порядка (параболические) со средним размером 100 мм и остальными параметрами разбиения, принятыми по умолчанию [1]. Анализ упругой устойчивости дает значение параметра критической нагрузки (коэффициент запаса по устойчивости) 1,59 (рис. 1а).

Для сравнения произведем расчет аналогичной модели, но с использованием линейных (первого порядка) элементов типа пластина (Plate), распределенных по срединной поверхности с тем же средним размером

| Средний размер элементов, мм | Параметр критической нагрузки | | Степень вырожденности Tet-элементов* |
|------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------------|
| | Элементы Plate | Элементы Tetra | |
| 100 | 0,206 | 1,59 | $4/100 = 0,04$ |
| 50 | 0,211 | 0,6 | $4/50 = 0,08$ |
| 25 | 0,213 | 0,23 | $4/25 = 0,16$ |

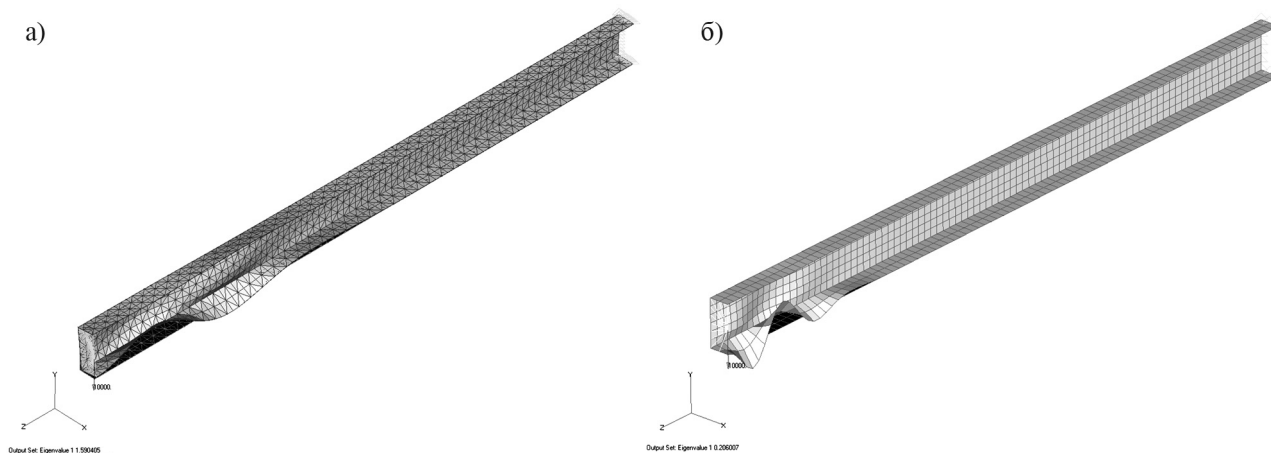


Рис. 1. Стальная тонкостенная балка корытного профиля с размерами сечения 250×600×4 мм длиной 9 м заделана на одном конце и нагружена силой 10000 Н на другом

элементов 100 мм. Значение параметра критической нагрузки при этом составило 0,206 (рис. 1б). Критические нагрузки различаются почти в 8 раз! В чем причина?

Попробуем измельчить сетку. Результаты расчета указанных моделей при средних размерах элементов 50 мм и 25 мм приведены в табл. 1. При размере элементов 25 мм значения параметров критической нагрузки с использованием элементов Tetra и Plate близки между собой. В данном случае явно прослеживается связь расхождения результатов с величиной вырожденности формы элементов (отношения минимальной высоты тетраэдра к среднему размеру элемента); допустимой величиной вырожденности считается 0,1.

Расчет той же конструкции с использованием пространственных шестигранных (Hex) элементов с их средним размером 100 мм дает результат по критической нагрузке потери устойчивости 0,216 – практически такой же, как для модели из элементов Plate.

Устойчивость стержня прямоугольного сечения

Рассмотрим также классический вариант анализа устойчивости (задача Эйлера)

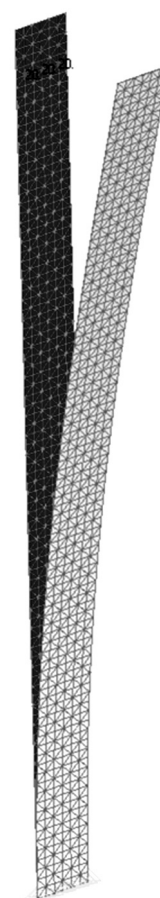
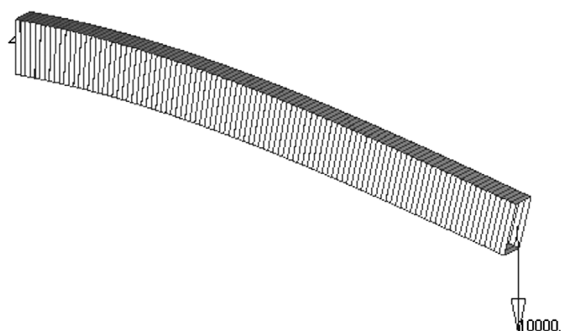


Рис. 2. Тетраэдральный элемент (Tetra) второго порядка

консольной балки, нагруженной сжимающей силой 20 Н с размерами поперечного сечения 600×4 мм и длиной 9 м.

Использование в этом случае тетраэдральных элементов (Tetra) второго порядка (рис. 2) и элементов типа пластин (Plate) дает практически одинаковые значения критической нагрузки: 20,6 Н при элементах Tetra и 20,58 при элементах Plate, очень близкие к аналитическому значению 20,47 Н.

Парадокс?! При одинаково высокой степени вырожденности ($4/100 = 0,04$) тетра-



Output Set: NX NASTRAN Case 1
Deformed(0.00384); T2 Translation

Рис. 3. Прогиб упругой стальной консольной балки длиной 1 м с размерами сплошного прямоугольного сечения 50×100 мм с нагрузкой на конце 10000 Н

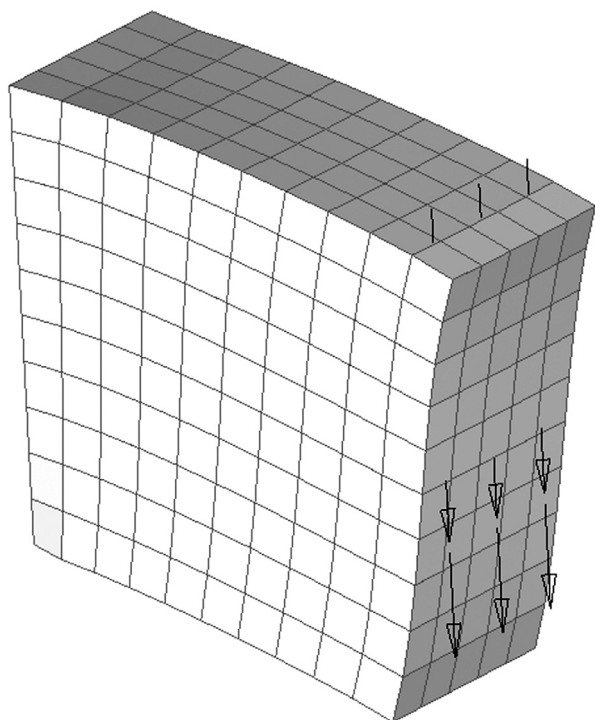


Рис. 4. Твердотельная модель короткой (0,1 м) балки

эдральных элементов в последнем случае они приводят к практически точному результату, а в другом (предыдущая задача) – с погрешностью почти на порядок.

Объяснение здесь, по-видимому, кроется в различном характере напряженных состояний – в последней задаче имеет место сжатие (в докритическом состоянии), в первой – изгиб со стесненным кручением тонкостенного профиля.

Основной вывод из рассмотрения данных задач – следует с определенной долей осторожности подходить к процессу «ускорения» подготовки конечно-элементной модели, разбивая импортированную твердотельную геометрию (особенно тонкостенную) на пространственные тетраэдральные элементы. Результат расчета может быть неверным. Иногда целесообразно потратить время на достаточно кропотливую работу по выделению срединных поверхностей и разбиению их элементами типа Plate или воспользоваться пространственными Hex-элементами, также требующими предварительной подготовки геометрии (разрезания тел на части).

С особой внимательностью следует анализировать результаты анализа устойчивости, производимые в программах экспресс-анализа, где, по умолчанию, твердотельная геометрия разбивается преимущественно на тетраэдральные элементы достаточно большого размера.

При подозрениях на неправильный результат следует производить анализ сходимости решения при уменьшении размеров элементов.

Сравнение прогибов балки

В расчетах в NX Nastran обнаружено расхождение результатов по величинам прогибов при анализе упругой стальной ($E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа) консольной балки длиной 1 м с размерами сплошного прямоугольного сечения 50×100 мм с нагрузкой на конце 10000 Н:

– расчет по формулам сопромата дает 0,00381 м [2],

– в NX Nastran – 0,00384 м (рис. 3).

В чем причина данного расхождения? Варьирование количества элементов в

| Длина консоли, м | Прогиб по сопромату (балка Бернулли-Эйлера), м | Прогиб в NX Nastran, м | Прогиб в Ansys (Beam 44, 188), м | Прогиб в Abaqus (Beam Standart), м | Прогиб в Abaqus (Beam Bernulli-Eiler), м |
|------------------|--|------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| 1 | 3,81E-03 | 3,84E-03 | 3,84E-03 | 3,83E-03 | 3,81E-03 |
| 0,5 | 4,76E-04 | 4,91E-03 | 4,91E-03 | 4,89E-03 | 4,76E-03 |
| 0,3 | 1,03E-04 | 1,12E-03 | 1,12E-03 | 1,10E-03 | 1,03E-03 |
| 0,2 | 3,05E-05 | 3,63E-05 | 3,63E-05 | 3,54E-05 | 3,05E-05 |
| 0,1 | 3,81E-06 | 6,72E-06 | 6,72E-06 | 6,28E-06 | 3,81E-06 |

широких пределах не изменяет результата. Расчет при чистом изгибе (вместо силы на конце приложен сосредоточенный изгибающий момент) дает точное совпадение результатов.

Следовательно, расхождение обусловлено различными моделями балок: в сопромате используется модель балки Бернулли-Эйлера (без учета сдвиговых деформаций) [2], в NX Nastran – модель балки Тимошенко с учетом сдвиговых деформаций [3].

Данный вывод подтверждают результаты расчетов данной модели при различных длинах консольной части балки с использованием решателей NX Nastran, Ansys и Abaqus, приведенные в табл. 2.

Для балочных элементов в NX Nastran, Ansys, Abaqus при установках по умолчанию реализована модель балки Тимошенко, для которой прогиб при малой длине (0,1 м) получается $6,72 \cdot 10^{-6}$ м – почти в два раза больше, чем по сопроматной модели. В модели балки

Abaqus Beam Bernulli-Eiler видно точное совпадение с сопроматным расчетом.

Практически такой же вертикальный прогиб ($6,74 \cdot 10^{-6}$ м на средней линии) имеет место в твердотельной модели короткой (0,1 м) балки (рис. 4).

Таким образом, модели балок, реализованные в указанных пакетах, позволяют правильно рассчитывать короткие балки, что не дает возможности делать формулы сопромата, поскольку при этом имеет место деформация сечений, хорошо видная на последнем рисунке.

Библиографический список

1. Шимкович, Д.Г. Инженерный анализ методом конечных элементов / Д.Г. Шимкович, Femar & Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 704 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М.: Наука, 1967. – 552 с.
3. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

А.И. РУБИНШТЕЙН, *проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р физ.-мат. наук*

caf_math@mgul.ac.ru

Все простейшие функции, используемые в анализе и известные из школьного курса математики, обладают характерными свойствами, а именно

$$(x_1 \cdot x_2)^\alpha = x_1^\alpha \cdot x_2^\alpha \text{ при } x_{1,2} > 0 \text{ для всех } \alpha \in R; \quad (1)$$

$$a^{x_1+x_2} = a^{x_1} \cdot a^{x_2} \text{ при } x_1, x_2 \in R \text{ для } a > 0; \quad (2)$$

$$\log_a(x_1 \cdot x_2) = \log_a x_1 + \log_a x_2 \text{ при } x_{1,2} > 0 \text{ для } a > 0, a \neq 1 \quad (3)$$

$$\begin{cases} \sin(x_1+x_2) = \sin x_1 \cos x_2 + \cos x_1 \sin x_2, \\ \cos(x_1+x_2) = \cos x_1 \cos x_2 - \sin x_1 \sin x_2 \end{cases} \text{ при } x_1, x_2 \in R; \quad (4)$$

$$\operatorname{tg}(x_1+x_2) = \frac{\operatorname{tg}x_1 + \operatorname{tg}x_2}{1 - \operatorname{tg}x_1 \operatorname{tg}x_2}$$

$$\text{при } x_1, x_2, x_1+x_2 \notin \left\{ \frac{\pi}{2} + \pi k, k \in Z \right\} \quad (5)$$

Легко заметить, что тождества (1)-(4), (5) можно записать в виде соответственно

$$f(x_1 \cdot x_2) = f(x_1) \cdot f(x_2); \quad (1')$$

$$f(x_1+x_2) = f(x_1) \cdot f(x_2); \quad (2')$$

$$f(x_1 \cdot x_2) = f(x_1) + f(x_2); \quad (3')$$

$$f(x_1+x_2) = \frac{f(x_1) + f(x_2)}{1 - f(x_1)f(x_2)}, \quad (5')$$

а систему (4) в виде

$$\begin{cases} f(x_1+x_2)=f(x_1)g(x_2)+g(x_1)f(x_2) \\ g(x_1+x_2)=g(x_1)g(x_2)-f(x_1)f(x_2) \end{cases} \quad (4')$$

Функции x^α , a^x , $\log_a x$, $\operatorname{tg} x$ удовлетворяют соотношениям (1')-(3'), (5'), а пара функций $\sin x$, $\cos x$ – системе соотношений (4'). Если в этих соотношениях $f(x)$ или пару $f(x), g(x)$ рассматривать как неизвестные функции, то указанные соотношения превращаются в уравнения (систему уравнений), называемые функциональными уравнениями (системами функциональных уравнений).

Достаточно удивительно, что из этих уравнений можно сделать заключение о множествах определения решений, а при условии непрерывности решения в одной единственной точке x_0 показать, что уравнениям (1')-(3'), (5') удовлетворяют только функции x^α , a^x , $\log_a x$, $\operatorname{tg} x$, а системе (4') фактически, только пара функций $\sin x, \cos x$. Докажем это утверждение. Но начнем с оказывающегося главным функционального уравнения

$$\Phi(x_1+x_2)=\Phi(x_1)+\Phi(x_2), x_1, x_2 \in R. \quad (6)$$

Простые наблюдения

$$\Phi(0)=\Phi(0+0)=\Phi(0)+\Phi(0)=2\Phi(0),$$

откуда $\Phi(0)=0$. Далее

$$0=\Phi(0)=\Phi(x+(-x))=\Phi(x)+\Phi(-x),$$

откуда $\Phi(-x)=-\Phi(x)$, то есть $\Phi(x)$ – нечетная функция.

Пусть $\Phi(x)$ непрерывна в точке x_0 , то есть

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x_0+\Delta x)-\Phi(x_0))=0. \quad (7)$$

Покажем, что тогда и

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x+\Delta x)-\Phi(x))=0, \quad (8)$$

для любого $x \in R$. Имеем

$$\begin{aligned} & \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x+\Delta x)-\Phi(x))= \\ & = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi((x-x_0)+(x_0+\Delta x))-\Phi((x-x_0)+x_0))= \\ & = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x-x_0)+\Phi(x_0+\Delta x)-(\Phi(x-x_0)+\Phi(x_0))) \stackrel{(6)}{=} \\ & = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x-x_0)+\Phi(x_0+\Delta x)-(\Phi(x-x_0)+\Phi(x_0)))= \\ & = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (\Phi(x_0+\Delta x)-\Phi(x_0)) \stackrel{(7)}{=} 0, \end{aligned}$$

то есть (8) справедливо.

Теперь покажем, что $\Phi(x)=kx$, где $k=\Phi(1)$. Пусть p, q – произвольные натуральные числа. Очевидно, что

$$\Phi\left(\frac{p}{q}\right)=\Phi\left(\underbrace{\frac{1}{q}+\frac{1}{q}+\dots+\frac{1}{q}}_{p \text{ слагаемых}}\right) \stackrel{(6)}{=} p\Phi\left(\frac{1}{q}\right),$$

$$\Phi(1)=\Phi\left(\frac{q}{q}\right)=q\Phi\left(\frac{1}{q}\right), \text{ откуда } \Phi\left(\frac{1}{q}\right)=\frac{\Phi(1)}{q}.$$

$$\text{Следовательно, } \Phi\left(\frac{p}{q}\right)=\frac{p}{q}\Phi(1).$$

Для любого $x > 0$ существует последовательность рациональных чисел

$$r=\frac{p}{q} \text{ такая, что} \\ \lim_{q} \frac{p}{q}=x.$$

(Естественно, p и q зависят от x . Например, десятичные приближения для x).

В силу непрерывности $\Phi(x)$ в любой точке x , получим

$$\Phi(x)=\lim_{q} \Phi\left(\frac{p}{q}\right)=\lim_{q} \frac{p}{q}\Phi(1)=x\Phi(1),$$

то есть $\Phi(x)=kx$, где $k=\Phi(1)$.

Используя нечетность $\Phi(x)$, получаем это равенство для всех $x \in R$. Доказано, что непрерывность лишь в одной точке решения гарантирует, что это решение функционального уравнения (6) есть функция kx .

Используем доказанный факт для решения функциональных уравнений (1')-(3').

Рассмотрим уравнение (1'). Если определено значение $f(0)$, то

$$\begin{cases} f(0)=0, \\ f(0)=1 \end{cases}$$

так как $f(0)=f(0 \cdot 0)=f(0) \cdot f(0)$. Если $f(x_0)=0$ при $x_0 \neq 0$, то $f(x)=0$ при всех $x \neq 0$. Действительно,

$$f(x)=f\left(x_0 \cdot \frac{x}{x_0}\right)=f(x_0) \cdot f\left(\frac{x}{x_0}\right)=0 \cdot f\left(\frac{x}{x_0}\right)=0.$$

Следовательно, можно считать, что $f(x) \neq 0$ при $x \neq 0$. Пусть $x > 0$.

Тогда $f(x)=f(\sqrt{x}\sqrt{x})=f(\sqrt{x})^2 > 0$. Далее $f(1)=f(1 \cdot 1)=f(1) \cdot f(1)$ и $f(1)=1$ ($f(x) > 0$ при $x > 0$). Имеем $1=f(1)=f((-1) \cdot (-1))=f(-1)^2$.

Значит

$$f(-1)=\begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$$

Если $f(-1)=1$, то $f(-x)=f((-1)x)=f(-1)f(x)=f(x)$ и $f(x)$ – четная функция. Если $f(-1)=-1$, то $f(-x)=f((-1)x)=f(-1)f(x)=-f(x)$ и $f(x)$ – нечетная.

Итак, достаточно определить $f(x)$ для $x>0$ и продолжить на отрицательную полуось или четным, или нечетным образом.

Положим

$$\Phi(t)=\ln f(e^t).$$

Так как $e^t>0$ и $f(e^t)>0$, то $\Phi(t)$ определена. Имеем

$$\begin{aligned} \Phi(t_1+t_2) &= \ln f(e^{t_1+t_2}) = \ln f(e^{t_1} \cdot e^{t_2}) = \\ &= \ln f(e^{t_1}(e^{t_2})) = \ln f(e^{t_1}) + \ln f(e^{t_2}) = \Phi(t_1) + \Phi(t_2). \end{aligned}$$

Если $f(x)$ непрерывна в одной точке $x_0>0$, то $\ln f(e^t)$ непрерывна в точке $t_0=\ln x_0$, то есть $\Phi(t)$ непрерывна в t_0 . Но тогда $\Phi(t)=kt$, или $\ln f(e^t)=kt$, откуда $f(e^t)=e^{kt}=(e^t)^k$ и для $x=e^t>0$ $f(x)=x^k, x>0$. Следовательно

$$f(x) = \begin{cases} |x|^k, & x \neq 0 \\ |x|^k \operatorname{sgn} x, & x \neq 0. \end{cases}$$

Получаем (1).

Перейдем к уравнению (2'). Если $f(x_0)=0$, то имеем $f(x)=f(x_0+(x-x_0))=f(x_0)f(x-x_0)=0$ и $f(x) \equiv 0$ – очевидное решение (2'). Следовательно, можно считать, что $f(x) \neq 0$ при всех $x \in R$.

Далее

$$f(x) = f\left(\frac{x}{2} + \frac{x}{2}\right) = \left(f\left(\frac{x}{2}\right)\right)^2 > 0 \left(f\left(\frac{x}{2}\right) \neq 0!\right)$$

Положим $\Phi(x) = \log_b f(x)$, $b>1$. Имеем $\Phi(x_1+x_2) = \log_b f(x_1+x_2) = \log_b (f(x_1) \cdot f(x_2)) = \log_b f(x_1) + \log_b f(x_2) = \Phi(x_1) + \Phi(x_2)$ – выполнено условие (6).

Если $f(x)$ непрерывна в точке x_0 , то и $\Phi(x)$ непрерывна в этой точке, как композиция $f(x)$ и непрерывной при $t>0$ функции $\log_b t$. Таким образом, по доказанному выше

$$\Phi(x) = \log_b f(x) = kx$$

и

$$f(x) = b^{kx} = (b^k)^x = a^x \text{ для } a = b^k.$$

Заметим, что при $k=0$ получаем $f(x) \equiv 1$ также очевидное решение уравнения (2').

Рассмотрим уравнение (3'). Полагая в нем $x_1=x_2=1$, получим

$$f(1) = f(1 \cdot 1) = f(1) + f(1),$$

откуда $f(1) = 0$. Но тогда $0 = f(1) = f((-1)(-1)) = f(-1) + f(-1)$ и $f(-1) = 0$.

Отсюда

$$f(-x) = f((-1)x) = f(-1) + f(x) = f(x)$$

и $f(x)$ – четная функция.

Очевидно, что если $f(x) \neq 0$ (тождественный нуль-очевидное решение уравнения (3')), то $f(x)$ не определена для $x = 0$. Если бы f существовала, то $f(0) = f(0 \cdot x) = f(0) + f(x)$ и $f(x) = 0$ при всех x , что мы исключили. В силу четности $f(x)$ достаточно считать $x > 0$.

Рассмотрим функцию

$$\Phi(t) = f(e^t) \quad (e^t > 0, t \in R) \text{ По (3')}$$

$$\begin{aligned} \Phi(t_1+t_2) &= f(e^{t_1+t_2}) = f(e^{t_1} \cdot e^{t_2}) = \\ &= f(e^{t_1}) + f(e^{t_2}) = \Phi(t_1) + \Phi(t_2), \end{aligned}$$

то есть $\Phi(t)$ удовлетворяет уравнению (6). Если $f(x)$ непрерывна в точке $x_0 > 0$, то $\Phi(t)$ непрерывна в точке $\ln x_0$ и, следовательно,

$$\Phi(t) = f(e^t) = kt.$$

Полагая $t = \ln x$, получаем отсюда

$$f(x) = k \ln x = \ln x^k = \log_{\frac{1}{e^k}} x = \log_a x \text{ при } a = e^{\frac{1}{k}}.$$

Для упрощения выкладок при решении уравнения (5') и системы (4') потребуем, чтобы существовала конечная производная $f'(x_0)$ в одной точке в случае (5') и производные $f'(x_0)$ и $g'(x_0)$ – в случае (4').

Обратимся сначала к уравнению (5').

Прежде всего заметим, что

$$f(x) = f\left(\frac{x}{2} + \frac{x}{2}\right) = \frac{2f\left(\frac{x}{2}\right)}{1 - \left(f\left(\frac{x}{2}\right)\right)^2}$$

и $f(x)$ определена лишь для тех x , для которых

$$f\left(\frac{x}{2}\right) \neq \pm 1.$$

Далее

$$f(0) = f(0+0) = \frac{2f(0)}{1 - (f(0))^2}, \text{ откуда } f(0) = 0.$$

Если $f(x)$ определена, то

$$0 = f(0) = f(x + (-x)) = \frac{f(x) + f(-x)}{1 - f(x)f(-x)}$$

и $f(-x) = -f(x)$, то есть $f(x)$ – нечетная функция.

В силу (5'), очевидно,

$$f(x_0 + \Delta x) - f(x_0) = \frac{f(x_0) + f(\Delta x)}{(1 + (f(x_0))^2)^{1/2}} \frac{f(x_0)f(\Delta x)}{\Delta x} - f(x_0) = \frac{f(x_0)f(\Delta x)}{1 - f(x_0)f(\Delta x)}, \text{ откуда}$$

$$f(\Delta x) = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{1 + f^2(\Delta x) + f(x_0)(f(x_0 + \Delta x) - f(x_0))}.$$

Если существует конечная производная $f'(x_0)$, то, как известно,

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} (f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)) = 0$$

и из выражения для $f(\Delta x)$ получаем, что

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} f(\Delta x) = 0.$$

Опять, используя (5') и условие $f(0) = 0$, получаем

$$\frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{\frac{f(x) + f(\Delta x)}{1 - f(x)f(x_0)} - f(x)}{\Delta x} = \frac{1 + f^2(x)}{1 - f(x)f(\Delta x)} \cdot \frac{f(0 + \Delta x) - f(0)}{\Delta x}.$$

Отсюда

$$\frac{1 - f(x)\Delta x}{1 + f^2(x)} \cdot \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{f(0 + \Delta x) - f(0)}{\Delta x} = \frac{1 - f(x_0)\Delta x}{1 + f^2(x_0)} \cdot \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}.$$

Среднее и правое выражение в этих равенство не зависит от x . Значит и левое не зависит от x . Переходя к пределу, используя существование $f'(x_0) \neq \infty$ и условие

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} f(\Delta x) = 0, \text{ получаем}$$

$$\frac{f'(x)}{1 + f^2(x)} = f'(0) = \frac{f'(x_0)}{1 + f^2(x_0)}.$$

Следовательно, всюду существует $f'(x)$, где существует $f(x)$. Для определения $f(x)$ получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{f'(x)}{1 + f^2(x)} = f'(0) = a$$

с начальным условием $f(0) = 0$. Выражение в левой части очевидно есть

$$(\arctg f(x))'$$

откуда

$$\arctg f(x) = ax + C,$$

и $C = 0$ в силу начального условия $f(0) = 0$. Окончательно

$$f(x) = \operatorname{tg} ax, ax \neq \frac{\pi}{2} + \pi k, k \in Z, a = f'(0)$$

Единственность функции $f(x)$ следует из теоремы единственности для дифференциального уравнения первого порядка.

Перейдем к решению системы функциональных уравнений (4'). При $x_1 = x_2 = 0$ из (4') следует, что

$$\begin{cases} f(0) = 2f(0)g(0) \\ g(0) = g^2(0) - f^2(0) \end{cases}$$

По первому из этих равенств или $f(0) = 0$ или

$$g(0) = \frac{1}{2}, \text{ но если } g(0) = \frac{1}{2},$$

то по второму равенств

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{4} - f^2(0),$$

что невозможно.

$$\text{Значит } f(0) = 0 \text{ и } g(0) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}.$$

Если $g(0) = f(0) = 0$, то по (4') для любого $x \in R$

$$\begin{cases} f(x) = f(x+0) = f(x)g(0) + g(x)f(0) = 0 \\ g(x) = g(x+0) = g(x)g(0) - f(x)f(0) = 0 \end{cases}$$

Очевидно, что $f(x) \equiv g(x) \equiv 0$ – решение (4') (тривиальное).

Для нетривиального решения (4') должно быть

$$\begin{cases} f(0) = 0, \\ g(0) = 1. \end{cases}$$

Используя это условие и полагая в (4') $x_1 = x, x_2 = \Delta x$, получим

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{f(x)g(\Delta x) + g(x)f(\Delta x) - f(x)}{\Delta x} \\ & = \frac{f(x)(g(\Delta x) - g(0)) + g(x)(f(\Delta x) - f(0))}{\Delta x} \\ & = f(x) \frac{g(0 + \Delta x) - g(0)}{\Delta x} + g(x) \frac{f(0 + \Delta x) - f(0)}{\Delta x} \\ & \frac{g(x + \Delta x) - g(x)}{\Delta x} = \frac{g(x)g(\Delta x) - f(x)f(\Delta x) - g(x)}{\Delta x} \\ & = \frac{g(x)(g(\Delta x) - g(0)) - f(x)(f(\Delta x) - f(0))}{\Delta x} \\ & = g(x) \frac{g(0 + \Delta x) - g(0)}{\Delta x} - f(x) \frac{f(0 + \Delta x) - f(0)}{\Delta x} \end{aligned} \right.$$

Умножая первое из этих равенств на $f(x)$, а второе на $g(x)$ и складывая результаты, заключаем, что

$$\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x} f(x) + \frac{g(x+\Delta x)-g(x)}{\Delta x} g(x) = (f^2(x)+g^2(x)) \frac{g(0+\Delta x)-g(0)}{\Delta x},$$

или

$$\frac{f(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x} + \frac{g(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \frac{g(x+\Delta x)-g(x)}{\Delta x} = \frac{g(0+\Delta x)-g(0)}{\Delta x}.$$

Если же первое равенство умножить на $g(x)$, а второе на $(-f(x))$, то после сложения получим

$$\frac{g(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x} - \frac{f(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \frac{g(x+\Delta x)-g(x)}{\Delta x} = \frac{f(0+\Delta x)-f(0)}{\Delta x}.$$

Так как правые части последних двух равенств не содержат x , то левые части должны быть постоянными.

Используя существование конечных производных $f'(x_0)$, $g'(x_0)$ и переходя к пределу при $\Delta x \rightarrow 0$ в этих последних равенствах, получим

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{f(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \cdot f'(x) + \frac{g(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \cdot g'(x) &= g'(x_0) \\ = \frac{f(x_0)}{f^2(x_0)+g^2(x_0)} \cdot f'(x_0) + \frac{g(x_0)}{f^2(x_0)+g^2(x_0)} \cdot g'(x_0); \\ \frac{g(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \cdot f'(x) - \frac{f(x)}{f^2(x)+g^2(x)} \cdot g'(x) &= f'(0) \\ = \frac{g(x_0)}{f^2(x_0)+g^2(x_0)} \cdot f'(x_0) - \frac{f(x_0)}{f^2(x_0)+g^2(x_0)} \cdot g'(x_0). \end{aligned} \right.$$

Легко заметить, что левые части последних равенств являются производными от

$$\ln \sqrt{f^2(x)+g^2(x)} \text{ и } \operatorname{arctg} \frac{f(x)}{g(x)}$$

соответственно. Значит

$$\left\{ \begin{aligned} \ln \sqrt{f^2(x)+g^2(x)} &= g'(0)x + C_1; \\ \operatorname{arctg} \frac{f(x)}{g(x)} &= f'(0)x + C_2. \end{aligned} \right.$$

Так как $f(0)=0, g(0)=1$, то $C_1=C_2=0$ и

$$\begin{cases} f^2(x)+g^2(x)=e^{g'(0) \cdot x}, \\ \frac{f(x)}{g(x)} = \operatorname{tg}(f'(0) \cdot x). \end{cases}$$

Отсюда, опять используя условие $g(0)=1$, получаем

$$\begin{cases} g(x)=e^{ax} \cos bx \\ f(x)=e^{ax} \sin bx \end{cases}$$

где $a=g'(0), b=f'(0)$

Итак получены все решения системы функциональных уравнений (4') при условии существования конечных производных (4').

Таким образом, простейшие функции анализа фактически являются единственными решениями функциональных уравнений (1')-(5'), если накладывать условия непрерывности или дифференцируемости их в одной лишь точке.

Возвращаясь к уравнению (6)

$$\Phi(x_1+x_2)=\Phi(x_1)+\Phi(x_2),$$

заметим, что еще в 1911 году было показано, что оно имеет бесконечное множество всюду разрывных решений, неограниченных в окрестности всякой $x \in R$, множество частичных пределов, заполняющих всю числовую ось в каждой точке, естественно, неизмеримых (по Лебегу).

Любопытно, что для такой функции $\Phi(x)$ функция $e^{\Phi(x)}$ оказывается всюду выпуклой вниз, так как

$$e^{\Phi(x+h)} - 2e^{\Phi(x)} + e^{\Phi(x-h)} = e^{\Phi(x)} \cdot e^{\Phi(h)} - 2e^{\Phi(x)} + e^{\Phi(x)} \cdot e^{-\Phi(h)} = e^{\Phi(x)} (e^{\Phi(h)} - 2 + e^{-\Phi(h)}) > 0$$

($\Phi(-h)=-\Phi(h)$) всегда, как было показано и

$$\frac{e^{\Phi(h)} + e^{-\Phi(h)}}{2} > \sqrt{e^{\Phi(h)} \cdot e^{-\Phi(h)}} = 1$$

при $\Phi(h)=-\Phi(h)$, т.е. при $h \neq 0$)

Библиографический список

1. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Наука, 1966. – Т. 2. – 800 с.
2. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – Т. 5. – С. 699–705.
3. Рубинштейн, А.И. О функциональных уравнениях / А.И. Рубинштейн // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 4. – С. 116–121.

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ВАРИАНТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

В.А. ДОРОШЕНКО, проф. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ, д-р техн. наук,

Л.В. ДРУК, доц. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ, канд. техн. наук,

М.С. УСАЧЕВ, асп. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ

usachevmaksim@mail.ru

В настоящее время используется новая парадигма решений оптимизационных задач на основе генетических алгоритмов и их различных модификаций. Генетические алгоритмы осуществляют поиск решений на основе «выживания сильнейших альтернативных решений» в неопределенных и нечетких условиях. Основные отличия генетических алгоритмов от других поисковых методов состоят в следующем [1–3]:

- работают в основном не с параметрами задачи, а с закодированным множеством параметров;

- осуществляют поиск не путем одного решения, а путем использования сразу нескольких альтернатив на заданном множестве решений;

- используют целевую функцию, а не ее различные производные для оценки качества принятия решений.

В отличие от других методов оптимизации генетические алгоритмы, как

правило, анализируют различные области пространства решений одновременно, и поэтому они более приспособлены к нахождению новых областей с лучшими значениями целевой функции. Базовая структура [1–3] генетического алгоритма представлена на рис. 1.

На первом этапе получают подмножество решений на основе случайного, направленного или комбинированного метода. Для каждой решаемой задачи формируется целевая функция, на основе которой выполняется сортировка популяции решений. Применяя различные методы селекции (репродукции) [1–3], в популяции хромосом выделяют хромосомы (варианты решений) для выполнения генетических операторов (скрещивание, мутация). В результате получается новое подмножество решений. Используя значения целевой функции, выполняют анализ нового подмножества решений, выделяют рациональные варианты (новая популяция) и далее

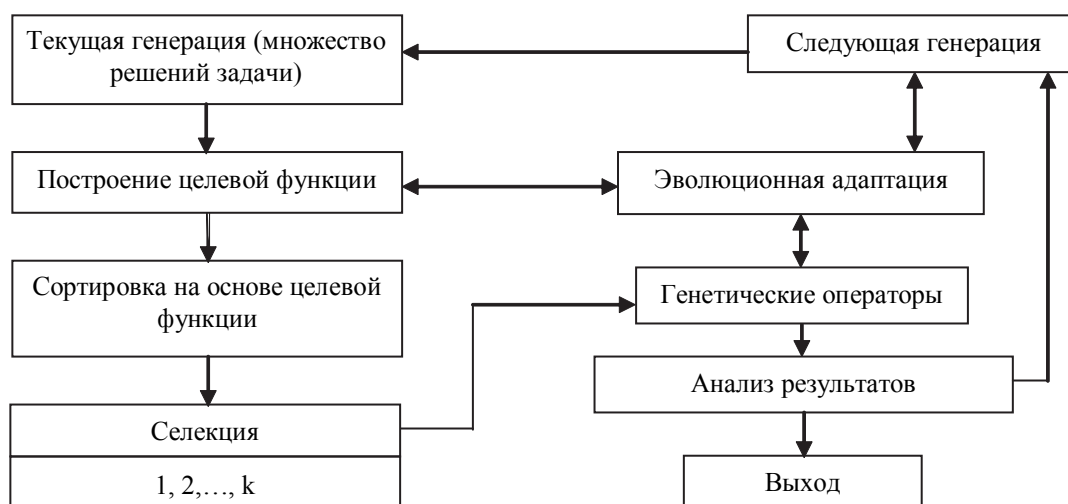


Рис. 1. Базовая структура генетического алгоритма

Значения показателей эффективности (хромосом) для выбора вариантов компоновки технологических линий

| Вариант линии | Удельные приведенные затраты, руб./ед. продукции, $З_{Пу} \rightarrow K^1$ | Удельная установленная мощность, кВт/тыс. м ³ , $N_{у} \rightarrow K^2$ | Показатель избыточности, $K_{и} \rightarrow K^3$ |
|---------------|--|--|--|
| B1 | 6 (0110) | 9 (1001) | 3 (0011) |
| B2 | 7 (0111) | 9 (1001) | 2 (0010) |
| B3 | 7 (0111) | 10 (1010) | 4 (0100) |
| B4 | 8 (1000) | 10 (1010) | 3 (0011) |
| B5 | 8 (1000) | 12 (1100) | 4 (0100) |
| B6 | 8 (1000) | 11 (1011) | 4 (0100) |
| B7 | 6 (0110) | 9 (1001) | 2 (0010) |
| B8 | 6 (0110) | 9 (1001) | 3 (0011) |



Рис. 2. Структурная модель выбора вариантов на основе генетического алгоритма

процесс может повторяться на основе блока эволюционной адаптации до получения оптимального варианта (оптимальной хромосомы).

В работе предлагается метод многокритериального выбора вариантов на основе генетического алгоритма с применением целевых функций для селекции и оператора скрещивания на основе бинарных отношений между множествами [4]. Структурная модель выбора вариантов представлена на рис. 2.

Непосредственно многокритериальный выбор вариантов (на примере выбора варианта технологического оборудования) начинается с формирования множества значений показателей эффективности (популяций) K^1, K^2, \dots, K^m . Исходные варианты и множество значений для всех показателей эффективности (хромосом) представлены в таблице.

В данном случае сформирована исходная популяция с заданным количеством хромосом, представленных двоичными последовательностями дискретной длины. Исходная популяция разбивается на три популяции, каждая из которых соответствует множеству значений (хромосом) показателей эффективности K^1, K^2, K^3 . Для выполнения операции селекции хромосом (вариантов) необходимо сформировать матрицу допустимых хромосом $A_g = |a_{ij}|$, строки матрицы соответствуют исходным вариантам $M_{исх} = \{B_1, B_2, \dots, B_{N_i}\}$, $i = 1, 2, \dots, N_{исх}$, а столбцы – требуемым значениям показателей эффективности (хромосом), $j_1 = \hat{K}_T^1, j_2 = \hat{K}_T^2, \dots, j_m = \hat{K}_T^m$. Для данного примера

$$j_1 = \hat{K}_T^1 \leq 8(1000), j_2 = \hat{K}_T^2 \leq 11(1011), j_3 = \hat{K}_T^3 \leq 4(0100).$$

Элементы матрицы определяются в соответствии с выражением [4]

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } B_i \in (\hat{K}_T^1 \vee \hat{K}_T^2 \vee \dots \vee \hat{K}_T^m) \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases}$$

для данного примера

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } B_i \in (\hat{K}_T^1 \vee \hat{K}_T^2 \vee \hat{K}_T^3) \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases}$$

В результате сформированная матрица выглядит следующим образом, при этом $\hat{K}_T^1 \rightarrow A_T^1, \hat{K}_T^2 \rightarrow A_T^2, \hat{K}_T^3 \rightarrow A_T^3$

$$A_g =$$

| ij | A_T^1 | A_T^2 | A_T^3 |
|-------|---------|---------|---------|
| B_1 | 0110 | 1001 | 0011 |
| B_2 | 0111 | 1001 | 0010 |
| B_3 | 0111 | 1010 | 0100 |
| B_4 | 1000 | 1010 | 0011 |
| B_5 | 1000 | 0000 | 0100 |
| B_6 | 1000 | 1011 | 0100 |
| B_7 | 0110 | 1001 | 0010 |
| B_8 | 0110 | 1001 | 0011 |

Выделение допустимых вариантов (хромосом) осуществляется в соответствии с выражениями

$$A_g = A_T^1 \wedge A_T^2 \wedge \dots \wedge A_T^m, X_g = X_T^1 \wedge X_T^2 \wedge \dots \wedge X_T^m, \quad (1)$$

для данного примера

$$A_g = A_T^1 \wedge A_T^2 \wedge A_T^3, X_g = X_T^1 \wedge X_T^2 \wedge X_T^3,$$

где X_T^1, X_T^2, X_T^3 – множества, элементами которых являются варианты, которым в столбцах матрицы A_g соответствуют допустимые значения показателей эффективности (хромосом). В соответствии с (1) допустимые варианты выделяются пересечением множеств

$$X_g = \{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8\} \wedge \{B_1, B_2, B_3, B_4, B_6, B_7, B_8\} \wedge \{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8\} = \{B_1, B_2, B_3, B_4, B_6, B_7, B_8\}.$$

В результате выделения (селекции) допустимых вариантов получена популяция хромосом, соответствующая требуемым значениям показателей эффективности A_T^1, A_T^2, A_T^3 . Из исходной популяции исключены хромосомы варианта B_5 , т.к. хромосома имеет нулевое значение в матрице допустимых вариантов, то есть не удовлетворяет требуемому значению A_T^2 .

Для выполнения генетического оператора скрещивания (кроссинговера) необходимо выполнить операцию сортировки вариантов по значениям показателей эффективности (хромосом). В данном случае сортировка заключается в формировании упорядоченного ряда значений по возрастанию (при минимизации показателей эффективности).

$$K^1 K^2 K^3$$

$$\hat{K}_1^1 = 6(0110) \rightarrow B_1, B_7, B_8$$

$$\hat{K}_1^2 = 9(1001) \rightarrow B_1, B_2, B_7, B_8$$

$$\hat{K}_1^3 = 2(0010) \rightarrow B_2, B_7$$

$$\begin{aligned}
 \hat{K}_2^1 &= 7(0111) \rightarrow B_2, B_3 \\
 \hat{K}_2^2 &= 10(1010) \rightarrow B_3, B_4 \\
 \hat{K}_3^3 &= 3(0011) \rightarrow B_1, B_4, B_8 \\
 \hat{K}_3^1 &= 8(1000) \rightarrow B_4, B_6 \\
 \hat{K}_3^2 &= 11(1011) \rightarrow B_6 \\
 \hat{K}_3^3 &= 4(0100) \rightarrow B_3, B_6. \quad (2)
 \end{aligned}$$

В результате сортировки получили упорядоченные ряды хромосом по их значениям для трех популяций.

По упорядоченным рядам формируются матрицы для каждого показателя эффективности [4]

$$A_{K^1} = |a_{ij1}|, A_{K^2} = |a_{ij2}|, \dots, A_{K^m} = |a_{ijm}|,$$

строки матриц соответствуют допустимым вариантам $M_g = \{B_1, B_2, \dots, B_{N_i}\} = \{B_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N_{\text{исх}}$, столбцы – значениям упорядоченных рядов показателей эффективности (2), при этом

$$j_1 = \hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \dots, \hat{K}_{M_{K^1}}^1,$$

$$j_2 = \hat{K}_1^2, \hat{K}_2^2, \dots, \hat{K}_{M_{K^2}}^2, \dots, j_m = \hat{K}_1^m, \hat{K}_2^m, \dots, \hat{K}_{M_{K^m}}^m,$$

где $M_{K^1}, M_{K^2}, \dots, M_{K^m}$ – число значений (хромосом) упорядоченных рядов.

Первые столбцы матриц соответствуют первым значениям упорядоченных рядов. Столбцы матриц можно обозначить

$$\hat{K}_1^1 \rightarrow A_1^1, \hat{K}_2^1 \rightarrow A_2^1, \dots, \hat{K}_{M_{K^1}}^1 \rightarrow A_{M_{K^1}}^1;$$

$$\hat{K}_1^2 \rightarrow A_1^2, \hat{K}_2^2 \rightarrow A_2^2, \dots, \hat{K}_{M_{K^2}}^2 \rightarrow A_{M_{K^2}}^2;$$

$$\hat{K}_1^m \rightarrow A_1^m, \hat{K}_2^m \rightarrow A_2^m, \hat{K}_{M_{K^m}}^m \rightarrow A_{M_{K^m}}^m.$$

Элементы матриц $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$ определяются в соответствии с условиями

$$\begin{aligned}
 a_{ij1} &= \begin{cases} 1, \text{если } B_i \in (A_1^1 \vee A_2^1 \vee \dots \vee A_{M_{K^1}}^1) \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases} \\
 a_{ij2} &= \begin{cases} 1, \text{если } B_i \in (A_1^2 \vee A_2^2 \vee \dots \vee A_{M_{K^2}}^2) \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases} \\
 \vdots \\
 a_{ijm} &= \begin{cases} 1, \text{если } B_i \in (A_1^m \vee A_2^m \vee \dots \vee A_{M_{K^m}}^m) \\ 0, \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3)
 \end{aligned}$$

В соответствии с (2,3) для данного примера сформированы матрицы

| ij | A_1^1 | A_2^1 | A_3^1 |
|-------|---------|---------|---------|
| B_1 | 0110 | | |
| B_2 | | 0111 | |
| B_3 | | 0111 | |
| B_4 | | | 1000 |
| B_6 | | | 1000 |
| B_7 | 0110 | | |
| B_8 | 0110 | | |

| ij | A_1^2 | A_2^2 | A_3^2 |
|-------|---------|---------|---------|
| B_1 | 1001 | | |
| B_2 | 1001 | | |
| B_3 | | | |
| B_4 | | 1010 | |
| B_6 | | 1010 | 1011 |
| B_7 | 1001 | | |
| B_8 | 1001 | | |

$$A_{K^3} =$$

| ij | A_1^3 | A_2^3 | A_3^3 |
|-------|---------|---------|---------|
| B_1 | | | |
| B_2 | 0010 | | |
| B_3 | | | 0100 |
| B_4 | | 0011 | |
| B_6 | | | 0100 |
| B_7 | 0010 | | |
| B_8 | | 0011 | |

(4)

Сформированные матрицы являются исходными данными для реализации генетического алгоритма (оператора скрещивания хромосом) на основе целевой функции с применением метода рабочих характеристик [4] и выделения рациональных вариантов (нехудших вариантов). Для этого необходимо выполнить логическое умножение

$$A_{j_1 j_2 \dots j_m}^n = A_{j_1 j_2}^2 \wedge A_{j_1 j_3}^3 \wedge \dots \wedge A_{j_1 j_m}^m, \quad (5)$$

где $n=2, 3, \dots, m$;

$A_{j_1 j_2}^1, A_{j_1 j_3}^2, \dots, A_{j_1 j_m}^m$ – столбцы матриц показателей эффективности;

$A_{j_1 j_2}^2, A_{j_1 j_3}^3, \dots, A_{j_1 j_m}^m$ – логическое умножение матриц $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$.

$$\begin{aligned}
 A_{j_1 j_2}^2 &= (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_2}^2) = \\
 &= (A_M^1 \wedge A_1^2) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^2) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{K^2}^2) \\
 A_{j_1 j_3}^3 &= (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_3}^3) = \\
 &= (A_M^1 \wedge A_1^3) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^3) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{K^3}^3) \\
 &\vdots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{j_1 j_m}^m &= (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_m}^m) = \\
 &= (A_M^1 \wedge A_1^m) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^m) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{K^m}^m). \quad (6)
 \end{aligned}$$

Столбцы матрицы A_{K^1} логически умножаются на каждый столбец матриц $A_{K^2}, A_{K^3}, \dots, A_{K^m}$ до получения единственного решения.

В результате выполнения операций (4,5) выделяется множество точек вариантов в координатах рабочих характеристик показателей эффективности $K^1 = f(K^2), K^1 = f(K^3), \dots, K^1 = f(K^m)$ в соответствии с условием

$$X_{j_1 j_n}^n = X_{j_1 j_2}^2 \vee X_{j_1 j_3}^3 \vee \dots \vee X_{j_1 j_m}^m \quad (7)$$

где $X_{j_1 j_2}^2, X_{j_1 j_3}^3, \dots, X_{j_1 j_m}^m$ – множество вариантов (в частном случае один вариант), полученные в результате логического умножения матриц $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$; $X_{j_1}^1, X_{j_2}^2, \dots, X_{j_m}^m$ – множество вариантов, которым в столбцах матриц соответствуют единичные значения.

$$\begin{aligned} (X_{j_1}^1 \wedge X_{j_2}^2) &= (X_{j_1}^1 \wedge X_1^2) \vee \\ &\vee (X_{j_1}^1 \wedge X_2^2) \vee \dots \vee (X_{j_1}^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2) \\ (X_{j_1}^1 \wedge X_{j_3}^3) &= (X_{j_1}^1 \wedge X_1^3) \vee \\ &\vee (X_{j_1}^1 \wedge X_2^3) \vee \dots \vee (X_{j_1}^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3) \\ &\vdots \\ (X_{j_1}^1 \wedge X_1^m) &= (X_{j_1}^1 \wedge X_1^m) \vee \\ &\vee (X_{j_1}^1 \wedge X_2^m) \vee \dots \vee (X_{j_1}^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m). \end{aligned} \quad (8)$$

Нехудшими вариантами в координатах рабочих характеристик являются варианты, соответствующие точкам левой границы, при минимизации показателей эффективности – точкам правой границы – при максимизации показателей эффективности. Множество нехудших (рациональных) вариантов, соответствующее множеству показателей эффективности K^1, K^2, \dots, K^m , определяется в соответствии с условием

$$M_{\text{нх}} = M_{1,2} \vee M_{1,3} \vee \dots \vee M_{1,m}. \quad (9)$$

Выделение рациональных вариантов (хромосом) на основе метода рабочих характеристик выполняется с помощью одноточечного генетического оператора скрещивания. Оператор выполняется в три этапа [1]. На первом этапе две хромосомы и $A = a_1, a_2, \dots, a_L$ и $B = a_1^1, a_2^1, \dots, a_L^1$ выбираются случайно из текущей популяции. На втором этапе перед началом работы генетического оператора скрещивания определяется точка оператора скрещивания, или разрезающая точка оператора. Эта точка определяет место в двух хромосомах, где они должны быть «разрезаны». Число l_k выбирается из $\{1, 2, \dots, L-1\}$ случайно, где L – длина хромосомы; l_k – точка оператора скрещивания (номер, значение или код гена, после которого выполняется разрез хромосомы). На третьем этапе новые хромосомы формируются из A и B путем перестановки элементов согласно правилу

$$\begin{aligned} A^1 &= a_1, a_2, \dots, a_K, a_{K+1}^1, \dots, a_L^1, \\ B^1 &= a_1^1, a_2^1, \dots, a_K^1, a_{K+1}, \dots, a_L \end{aligned}$$

После применения оператора скрещивания получены две исходные хромосомы и две новые хромосомы. Схематически оператор скрещивания показывает преобразование двух хромосом и частичный обмен информацией между ними, использующий точку разрыва случайно.

Для данного примера хромосомы для скрещивания выбираются в соответствии с (4-9) и матриц показателей эффективности (4).

Для показателей K^1, K^2

$$\begin{aligned} (X_{j_1}^1 \wedge X_{j_2}^2) &= (X_{j_1}^1 \wedge X_1^2) \vee (X_{j_1}^1 \wedge X_2^2) \vee (X_{j_1}^1 \wedge X_3^2) \\ X_{j_1}^1 \wedge X_{j_2}^2 &= (X_1^1 \wedge X_1^2) \vee (X_2^1 \wedge X_2^2) \vee (X_3^1 \wedge X_3^2) \\ (X_1^1 \wedge X_1^2) &= (B_1, B_7, B_8) \wedge (B_1, B_2, B_7, B_8) = \{B_1, B_7, B_8\}, \end{aligned}$$

что соответствует хромосомам $A_1^1 = 0110$, $A_1^2 = 1001$ (2). Для непосредственного скрещивания выбирается точка скрещивания $l_k = 1$.

$$\left. \begin{aligned} [A_1^1:0110] \text{ скрещивание} [A_1^{11}:0001 \rightarrow 1] \\ [A_1^2:1001] \quad \rightarrow \quad [A_1^{21}:1110] \rightarrow 14 \end{aligned} \right\} 15$$

– суммарное значение хромосом (показателей эффективности K^1, K^2).

$$\begin{aligned} X_{j_1}^1 \wedge X_{j_2}^2 &= (X_1^1 \wedge X_2^2) \vee (X_2^1 \wedge X_2^2) \vee (X_3^1 \wedge X_3^2) \\ (X_1^1 \wedge X_2^2) &= (B_1, B_7, B_8) \wedge (B_3, B_4) = 0 \end{aligned}$$

– решение пустое;

$$\begin{aligned} (X_2^1 \wedge X_2^2) &= (B_2, B_3) \wedge (B_3, B_4) = \{B_3\}, \\ \text{что соответствует хромосомам (2)} \\ A_2^1 &= 0111, \quad A_2^2 = 1010 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} [A_2^1:0111] \text{ скрещивание} [A_2^{11}:0010 \rightarrow 2] \\ [A_2^2:1010] \quad \rightarrow \quad [A_2^{21}:1111] \rightarrow 15 \end{aligned} \right\} 17$$

$$\begin{aligned} X_{j_1}^1 \wedge X_{j_3}^3 &= (X_1^1 \wedge X_3^3) \vee (X_2^1 \wedge X_3^3) \vee (X_3^1 \wedge X_3^3) \\ (X_1^1 \wedge X_3^3) &= (B_1, B_7, B_8) \wedge (B_6) = 0; \\ (X_2^1 \wedge X_3^3) &= (B_2, B_3) \wedge (B_6) = 0; \\ (X_3^1 \wedge X_3^3) &= (B_4, B_6) \wedge (B_6) = \{B_6\}, \end{aligned}$$

что соответствует хромосомам (2)

$$A_3^1 = 1000, \quad A_3^2 = 1011$$

$$\left. \begin{aligned} [A_3^1:1000] \text{ скрещивание} [A_3^{11}:1011 \rightarrow 11] \\ [A_3^2:1011] \quad \rightarrow \quad [A_3^{21}:1000] \rightarrow 8 \end{aligned} \right\} 19$$

В результате операции скрещивания хромосом показателей эффективности K^1, K^2 получены суммарные значения хромосом для этих показателей $M_{1,2} = \{15, 17, 19\}$. Рациональные варианты соответствуют минимальному значению, то есть $M_{1,2} = \{B_1, B_7, B_8\}$. Аналогично, в соответствии с (4-9) определяем

суммарные значения хромосом для показателей K^1, K^3 $M_{1,3}=\{8,9,11\}$, что соответствует рациональному варианту B_7 , то есть $M_{1,3}=\{B_7\}$.

В целом нехудшими (рациональными) вариантами в соответствии с (9) являются $M_{нх}=\{B_1, B_7, B_8\}$, что соответствует хромосомам: $B_1:0110,1001,0011$; $B_7:0110,1001,0010$; $B_8:0110,1001,0011$.

В итоге выделена новая популяция хромосом. Для выбора оптимальной хромосомы (варианта) необходимо в соответствии со структурной моделью (рис.1) выполнить операцию сортировки и формирования матриц для новых популяций, соответствующих показателям эффективности K^1, K^2, K^3 , и на основе предложенной целевой функции и генетического оператора выделить оптимальный вариант.

Сортировка в виде формирования упорядоченного ряда по возрастанию значений показателей эффективности для выбранных нехудших вариантов B_1, B_7, B_8 на основе таблицы предложена в следующем виде

$$\hat{K}_1^1=6(0110) \rightarrow B_1, B_7, B_8; \hat{K}_1^2=9(1001) \rightarrow B_1, B_7, B_8; \hat{K}_1^3=2(0010) \rightarrow B_7; \hat{K}_2^3=3(0011) \rightarrow B_1, B_8.$$

Матрицы для показателей эффективности $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$ в соответствии с (3)

$$A_{K^1} = \begin{array}{c|c} ij & A_1^1 \\ \hline B_1 & 0110 \\ B_7 & 0110 \\ B_8 & 0110 \end{array} \quad A_{K^2} = \begin{array}{c|c} ij & A_1^2 \\ \hline B_1 & 1001 \\ B_7 & 1001 \\ B_8 & 1001 \end{array}$$

$$A_{K^3} = \begin{array}{c|c|c} ij & A_1^3 & A_2^3 \\ \hline B_1 & & 0011 \\ B_7 & 0010 & \\ B_8 & & 0011 \end{array} \quad (10)$$

Целевая функция для выделения оптимального варианта предложена на основе лексиграфического метода [4] с жестким ранжированием показателей эффективности K^1, K^2, K^3 .

$$A_0^m = M_{нх} \wedge A_0^1 \wedge A_0^2 \wedge \dots \wedge A_0^m, \\ X_0^m = M_{нх} \wedge X_0^1 \wedge X_0^2 \wedge \dots \wedge X_0^m. \quad (11)$$

На первом шаге используется первый по рангу показатель эффективности

$$A_0^1 = M_{нх} \wedge A_{j_1}^1, X_0^1 = M_{нх} \wedge X_{j_1}^1. \quad (12)$$

Если множество X_0^1 включает один вариант (единственное решение), то на этом выбор прекращается, а выбранный вариант является оптимальным.

Если $X_0^1=0$ (решений нет), то выбор продолжается в соответствии с условием $X_0 = X_0^1 \wedge X_2^1$, то есть используется следующий столбец A_{K^1} и так до выделения единственного варианта. Если единственного решения нет, то вводится следующий показатель эффективности $X_0^2 = X_0^1 \wedge X_{j_2}^2$. Цикл выделения повторяется с введением последующих показателей эффективности до получения оптимального варианта в соответствии с (10,11). Применение предложенной целевой функции для приведенного примера дает следующий результат, в соответствии с (10,11,12):

$$X_0^1 = M_{нх} \wedge X_1^1 = \{B_1, B_7, B_8\} \wedge$$

$$\wedge \{B_1, B_2, B_7, B_8\} = \{B_1, B_7, B_8\}$$

– решение не единственное, поэтому вводится следующий показатель эффективности (K^2)

$$X_0^2 = X_0^1 \wedge X_1^2 = \{B_1, B_7, B_8\} \wedge$$

$$\wedge \{B_1, B_2, B_7, B_8\} = \{B_1, B_7, B_8\}$$

– решение также не единственное, вводится показатель K^3

$$X_0^3 = X_0^1 \wedge X_0^2 \wedge X_1^3 = \{B_1, B_7, B_8\} \wedge$$

$$\wedge \{B_1, B_2, B_7, B_8\} \wedge \{B_7\} = \{B_7\}$$

– что соответствует оптимальному варианту с хромосомами $B_7:0110(6), 1001(9), 0010(2)$.

Предложенный метод применим для структурного синтеза, для выбора элементов и устройств, технологических и технических структур систем управления.

Библиографический список

1. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2010. – 368 с.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2008. – 452 с.
3. Емельянов, В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.
4. Дорошенко, В.А. Метод выбора компьютерных средств автоматизации для распределенных систем управления / В.А. Дорошенко, Л.В. Друк, А.А. Назаренко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2004. – № 1. – С. 121–125.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПЛЕНОК

Н.П. ПОЛУЭКТОВ, проф. каф. физики МГУЛ, д-р техн. наук,
 В.Н. ХАРЧЕНКО, проф. каф. физики МГУЛ, д-р техн. наук,
 И.И. УСАТОВ, асп. каф. физики МГУЛ,
 Ю.П. ЦАРЬГОРОДЦЕВ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. техн. наук

caf-physics@mgul.ac.ru

Физические свойства и качество наноструктур, получаемых в плазменных установках различных типов, существенно зависят от параметров плазменного разряда. Измерение таких параметров, а также их контроль на протяжении всего технологического процесса являются чрезвычайно важными задачами плазменных технологий.

В настоящей статье мы представляем автоматизированную систему контроля параметров плазмы для получения наноструктурных пленок на установке магнетронного разряда с полым катодом, разработанную на кафедре физики МГУЛ [1].

Схема установки магнетронного разряда представлена на рис. 1. Катод магнетрона выполнен в виде закрытого с одного конца цилиндра (диаметр 140 мм, длина 100 мм), изготовленного из меди и охлаждаемого водой. В него вставляются цилиндрические мишени из различных металлов. Магнитное поле создается

18-ю столбиками магнитов из сплава Fe-Nd-B, расположенными вокруг катода и соединенными магнитопроводами. Передний магнитопровод представляет собой кольцо, а задний – диск. На нем установлена магнитная система, подобная обычному магнетрону, состоящая из кольцевых магнитов различной полярности. Магнитная пробка на выходе из катода, образуемая такой конструкцией, удерживает вторичные электроны внутри катода. Скрещенные $E \times B$ поля вызывают дрейф электронов в азимутальном направлении, в результате внутри полого катода создается плазма высокой концентрации ($10^{12} - 10^{13} \text{ см}^{-3}$). Вакуумная камера состоит из катода – источника плазмы и реактора (диаметр 35 см, длина 55 см).

Автоматизированная система контроля параметров плазмы (далее АСКП) реализует следующие методы диагностики.

1. Зондовая (производится зондом Ленгмюра). Определяются:

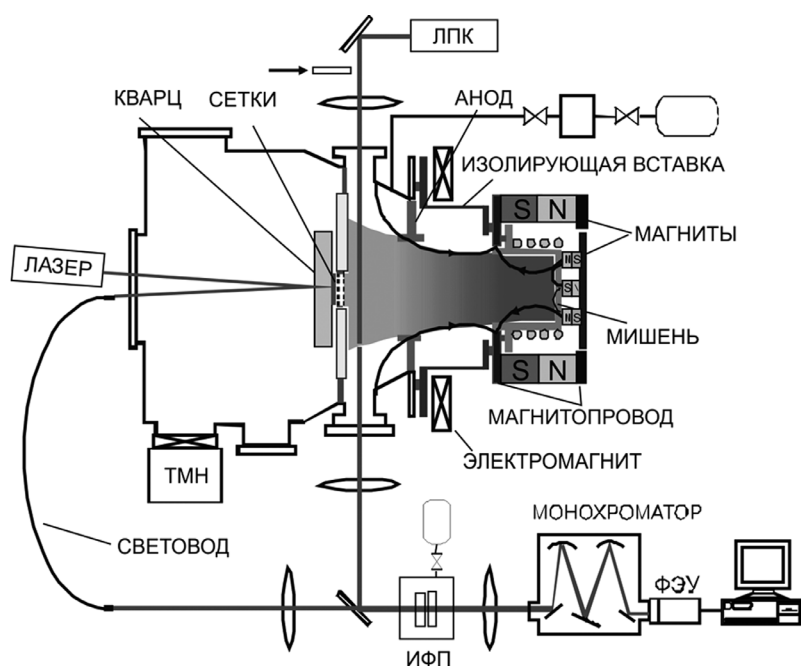


Рис. 1. Схема установки магнетронного разряда

- а. концентрация ионов и электронов;
- б. плавающий и плазменный потенциал;
- в. температура и распределение электронов по энергиям;
- 2. Спектральная. Определяются:
 - а. спектр;
 - б. степень ионизации потока атомов мишени;
 - в. концентрация атомов и ионов в плазме;
 - г. температура атомов и ионов;
- 3. Тепловых потоков из плазмы на подложку.

Аппаратная часть системы построена на базе платы сбора данных PCI6221 фирмы National Instruments, блока подготовки сигналов и нескольких специально изготовленных модулей. Аналоговые входы и выходы имеют гальваническую развязку, что снижает помехи в измерительных цепях. Программное обеспечение, как для регистрации данных (виртуальные приборы), так и для их обработки, написаны на языке визуального программирования LabVIEW. Запуск всех программных модулей и обмен данными между ними производит программная оболочка – сервер виртуальных приборов.

Подсистема зондовых измерений

Состоит из виртуального прибора регистрации вольтамперных характеристик

(ВАХ) зонда и подпрограмм их обработки. Используется электростатический зонд Ленгмюра [2] диаметром 0.35 и длиной 5 мм, который вводится в плазму либо по радиусу разряда, либо по его оси (см. рис. 1). Виртуальный прибор генерирует линейно меняющееся напряжение в заданном диапазоне в пределах (-80..+80) В с заданным шагом и синхронно регистрирует напряжение и ток зонда. ВАХ, состоящая из 800 пар значений напряжение-ток, регистрируется за время около 2 секунд. Малое время регистрации является необходимым условием работы в металлической плазме, где на зонд и другие датчики происходит осаждение пленки металла. Графический интерфейс виртуального прибора позволяет задавать все параметры регистрации, и имеет графическое окно, где отображается ВАХ.

Подпрограмма обработки вольтамперных характеристик позволяет в интерактивном режиме производить сглаживание данных кубическими сплайнами и параллельно вычисляет первую и вторую производные. Далее производится расчет основных параметров плазмы: температуры электронов и функции распределения их по энергиям, концентрации заряженных частиц (электронов и ионов), причем два последних параметра определяются в рамках различных моделей. По результатам работы автоматически формируется файл отчета со стандартизованным именем. Зависи-

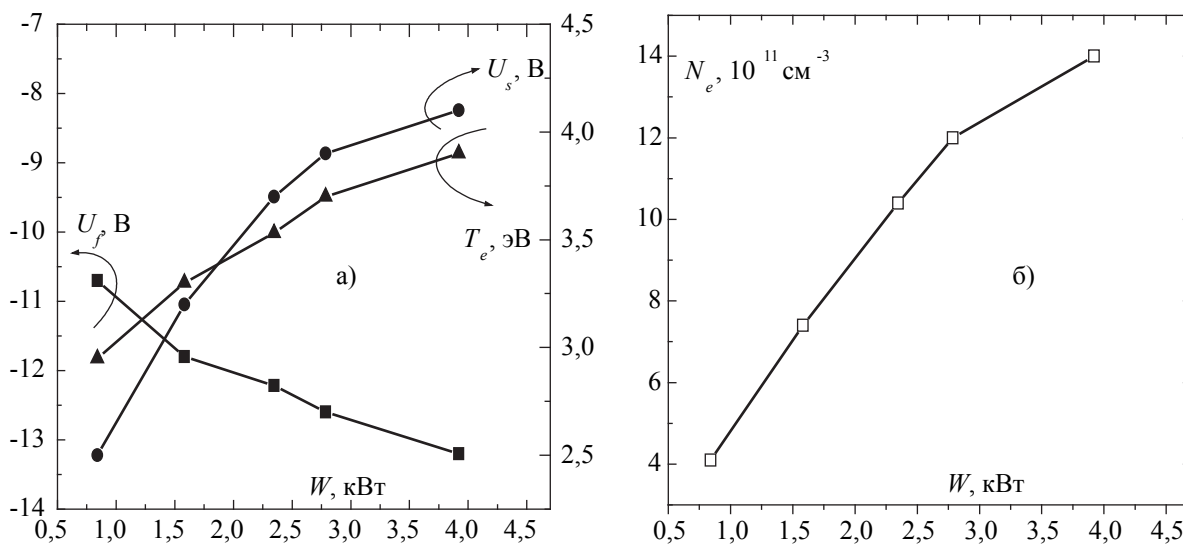


Рис. 2. Зависимости плавающего потенциала U_f , потенциала плазмы U_s и температуры электронов T_e (а) и концентрации плазмы n_e (б) от мощности разряда. Диаметр катода – 140 мм. Зонд – на расстоянии 19 см от катода

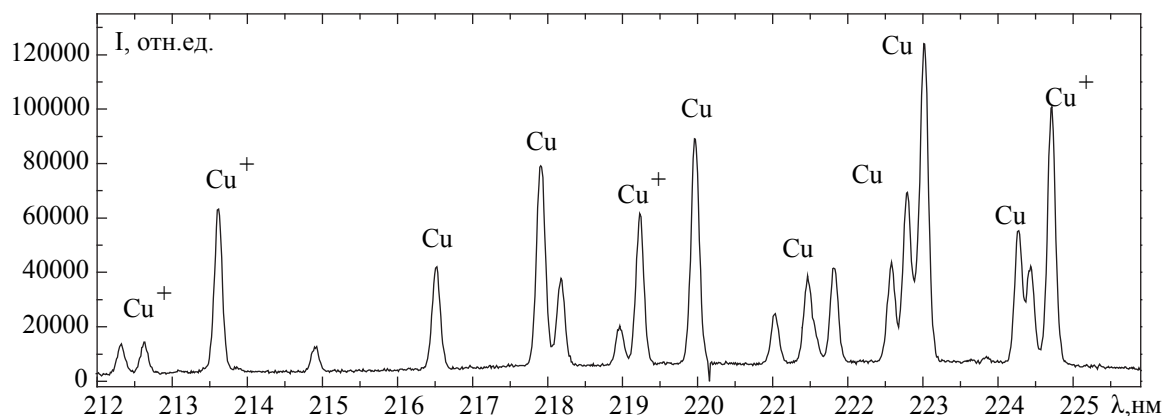


Рис. 3. Спектр излучения атомов и ионов (+) распыляемого металла в плазменном разряде. Ультрафиолетовая область

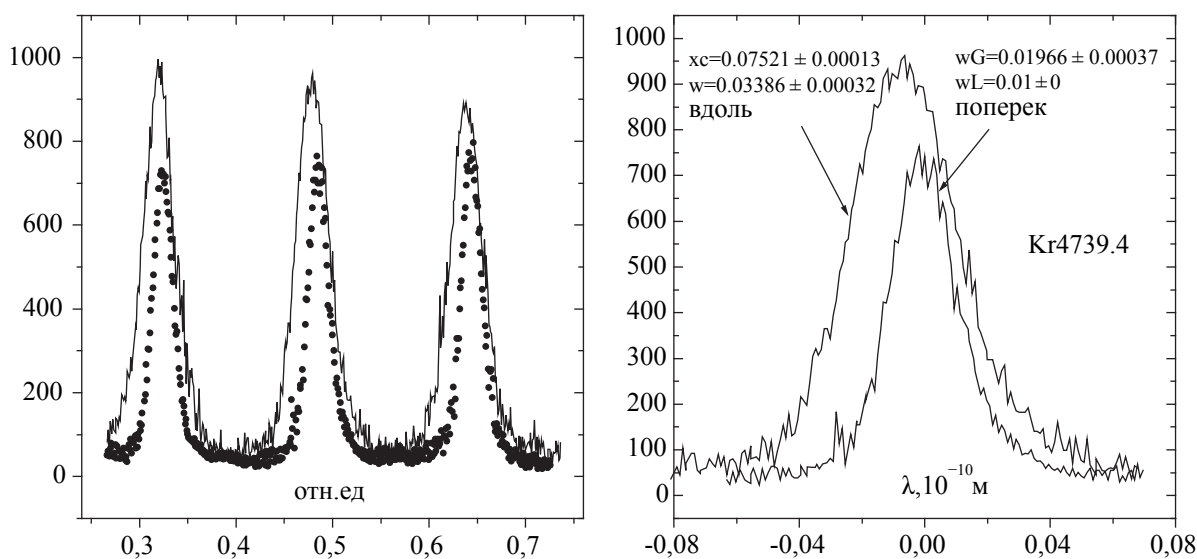


Рис. 4. Контур спектральной линии излучения буферного газа Kr473.94 нм. Слева – сигнал сканирования спектра. Справа – контуры линии излучения ионов криптона, зарегистрированные поперек и вдоль плазменного потока

мости параметров плазмы от вкладываемой в разряд мощности показаны на рис. 2.

Подсистема спектральных измерений

Ввиду достаточно малой интенсивности излучения плазмы спектры регистрируются методом счета фотонов. Излучение выводится из плазменной камеры через кварцевые окна (см. рис. 1) на вход монохроматора МДР-12. На выходе монохроматора устанавливается ФЭУ, сигнал с которого через быстродействующий фильтр-усилитель и формирователь импульсов поступает на счетчик виртуального прибора регистрации спектра. Монохроматор, вращая дифракционную решетку шаговым двигателем, производит развертку спектра. Синхронно с разверткой

спектра в каждой его точке измеряется частота прихода фотонов.

Измеренный спектр получает подпрограмма обработки. Она позволяет, во-первых, производить привязку всего спектра по длинам волн и, во-вторых, детально исследовать отдельные спектральные линии и их группы.

Для детального исследования контура отдельной спектральной линии с целью определения температуры атомов и ионов [3] применяется иная конфигурация системы. Перед монохроматором устанавливается интерферометр Фабри-Перо, сканируемый давлением. Монохроматор устанавливается на длину волны исследуемой линии, а в качестве сигнала, пропорционального длине волны, виртуальный прибор регистрирует

напряжение, пропорциональное давлению в камере интерферометра. Аппаратная функция системы в этом случае определяется по длине волны гелий-неонового лазера. Контур отдельной спектральной линии излучения плазмы показан на рис. 4. Справа – контуры линии излучения ионов буферного газа, зарегистрированные поперек и вдоль плазменного потока. Ширина спектральной линии определяется в данном случае температурой ионов, которая и рассчитывается исходя из ширины. Контур линии, зарегистрированной вдоль потока, смещен в фиолетовую область за счет направленной скорости движения ионов (продольный эффект Доплера). По величине смещения оценивается направленная скорость.

Концентрация распыленных атомов металла определяется методом атомно-абсорбционной спектроскопии [3]. Спектр лампы с полым катодом содержит линии металла, идентичные распыляемому магнетроном. Излучение лампы, проходя через разряд, частично поглощается плазмой, что регистрируется приемником после монохроматора. Монохроматор настроен на заданную спектральную линию металла. Концентрация атомов распыленного металла вычисляется по параметру поглощения

$$A = 1 - ((I_{\text{плазма+лампа}} - I_{\text{плазма}}) / I_{\text{лампа}}).$$

Степень ионизации атомов металла является чрезвычайно важным параметром в технологических процессах получения наноструктурных пленок, в особенности на рельефных поверхностях. Измерение степени ионизации производится следующим образом (рис.1). В качестве запыляемой металлом подложки используется прозрачная кварцевая пластина. Перед ней устанавливается система из двух сеток, между которыми в определенные моменты создается тормозящая ионы разность потенциалов. Когда такая разность потенциалов создана, то запыление пластины происходит только нейтральными атомами, когда нет, то атомами и ионами. Толщина напыленной тонкой пленки металла контролируется по ее коэффициенту отражения. Для этого на обратную сторону пленки через прозрачную пластику направляется

луч лазера со стабильной интенсивностью, а интенсивность отраженного луча регистрируется фотоэлектронным умножителем через монохроматор. На рис. 5 слева показана зависимость коэффициента отражения (пропорционального толщине пленки) от времени напыления. Коэффициент наклона графика пропорционален скорости напыления. Пунктиром показано изменение во времени тормозящего ионы напряжения. Степень ионизации атомов металла определяют по отношению скоростей напыления на двух этапах: торможение ионов и прохождение ионов. График справа показывает, что поток ионов металла достигает 60 %.

Подсистема измерений теплового потока подробно описана в [4]. Тепловой поток из плазмы измеряется специально спроектированным датчиком, представляющим собой нестационарный калориметр. Калориметрическим телом служит диск из тантала (диаметр– 17 мм, толщина– 0.5 мм). Тепловой поток q_0 определяется из разности между производными температуры диска-калориметра по времени dT/dt на этапах нагревания (н) (плазма включена) и остывания (о)(плазма выключена)

$$q_0 = S^{-1}mc(T) \left[\left(\frac{dT}{dt} \right)_H + \left(\frac{dT}{dt} \right)_O \right],$$

где S , m , c – площадь, масса и удельная теплоемкость диска.

Температура диска измеряется микротермопарой. Временная реализация сигнала с термопары через инструментальный усилитель с гальванической развязкой регистрируется соответствующим субприбором.

Подпрограмма вычисления теплового потока

1) принимает данные температурного хода, сглаживает их сплайнами, вычисляет первые производные на этапе нагрева и охлаждения;

2) вычисляет тепловые потоки при нескольких заранее выбранных пользователем температурах датчика;

3) вычисляет среднее значение и стандартное отклонение теплового потока.

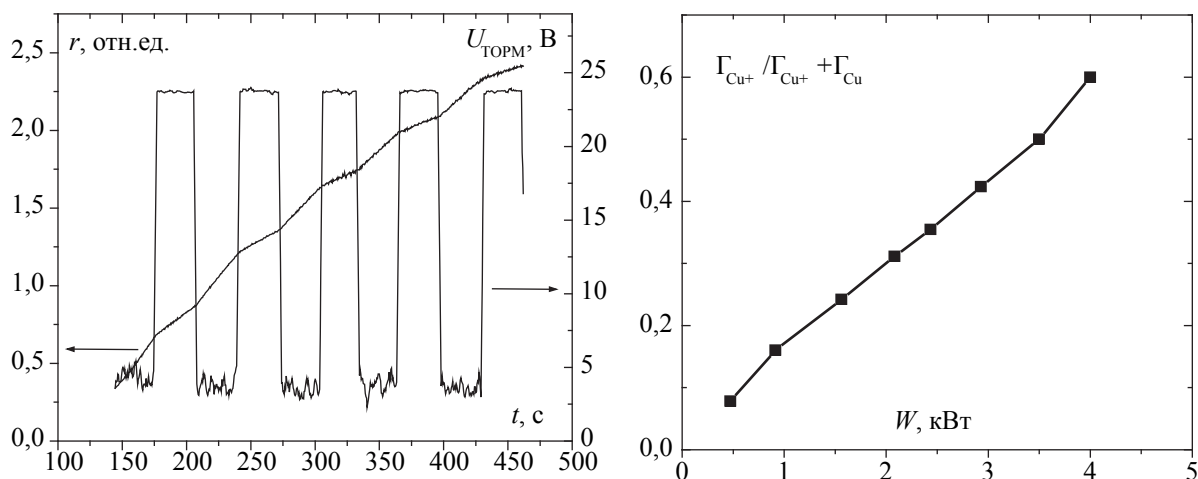


Рис. 5. Слева – коэффициент отражения осаждаемой пленки Cu как функция времени и задерживающего потенциала сетки. 10 мТорр, $W=2.2$ кВт. Справа – зависимость степени ионизации атомов металла от мощности

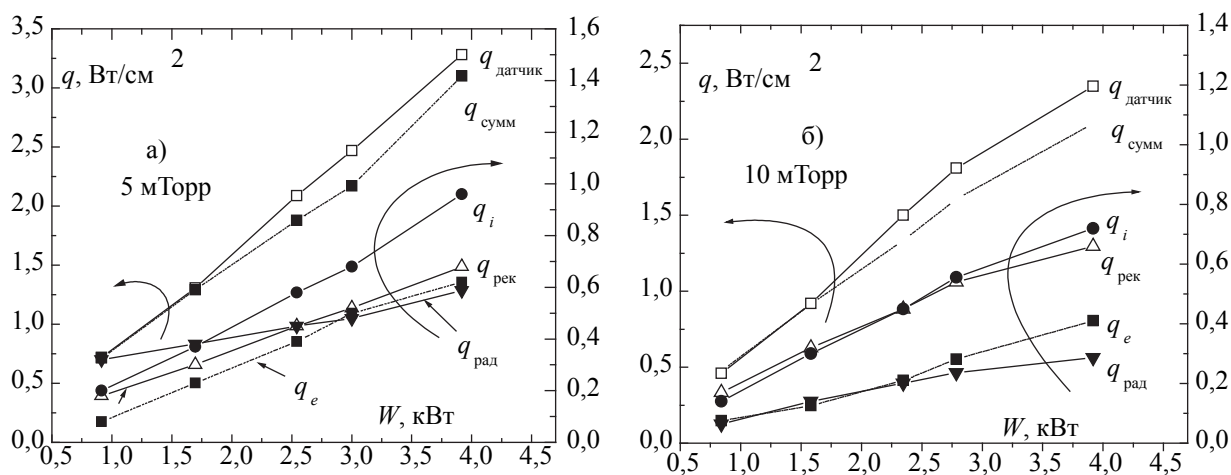


Рис. 6. Зависимость теплового потока плазмы и его компонентов от мощности разряда при разных давлениях. q_i , q_e – вклады ионов и электронов; $q_{рек}$ – рекомбинация ионов; $q_{рад}$ – излучение; $q_{сумм}$ – сумма вкладов

На рис. 6 приведены графики зависимости экспериментальных и теоретических зависимостей теплового потока от мощности при разных давлениях. Здесь показаны также вклады в тепловой поток различных факторов: электронов, ионов, нейтралов, излучения, рассчитанные по результатам зондовых и спектральных измерений. Значения теплового потока, измеренного датчиком, и суммарного теплового потока от различных составляющих согласуются в пределах точности измерений (10 %).

Разработанная автоматизированная система измерений используется для контроля параметров плазмы в процессе получения наноструктурных пленок, а также для отра-

ботки оптимальных режимов с целью получения изделий с заданными свойствами.

Библиографический список

1. Царьгородцев, Ю.П. Нанесение металлических пленок с использованием магнетронного разряда в системе с полым катодом / Ю.П. Царьгородцев, Н.П. Полуэктов, В.Н. Харченко и др. // Электроника. – 2009. – № 3. – С. 19–24.
2. Чан, П. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме / П. Чан, Л. Тэлбот, К. Туриан. – М.: Мир, 1978. – 201 с.
3. Спектроскопия газоразрядной плазмы: Сб. статей / С.Э. Фриш. – Л.: Наука, 1970. – 362 с.
4. Царьгородцев, Ю.П. Тепловые потоки в магнетронном разряде с полым катодом / Ю.П. Царьгородцев, Н.П. Полуэктов, И.И. Усатов // Труды 5-ой Российской национальной конференции по теплообмену. – 2010. – Т. 1. – С. 142–145.

ВЫБОР ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОМ ПЛАНИРОВАНИИ ЕЕ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

О.В. ВОРОНКОВ, *заместитель начальника центра управления развитием и применением электронной компонентной базы ФГУП «МНИИРИП»*,

В.М. ИСАЕВ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, д-р техн. наук*

korolkov@mgul.ac.ru; info@mniirip.ru

Разработка электронной компонентной базы (ЭКБ) для систем, комплексов и образцов специальной техники, создание технологической и материаловедческой базы ее развития, техническое перевооружение производств предприятий-разработчиков и изготовителей ЭКБ осуществляются в рамках реализации мероприятий различных федеральных целевых программ (ФЦП).

Для дальнейшего изложения материала статьи введем ряд понятий.

Электронная компонентная база – изделия электронной техники, квантовой электроники и (или) электротехнические, представляющие собой деталь, сборочную единицу или их совокупность, обладающие конструктивной целостностью, принцип действия которых основан на электрофизических, электромеханических, фотоэлектронных и (или) электронно-оптических процессах и явлениях, не подвергаемые изменениям в процессе создания и применения, изготавливаемые по самостоятельным комплектам конструкторской и технологической документации, а также изделия, представляющие собой совокупность электрически соединенных электрорадиоизделий, образующих функционально и конструктивно законченные сборочные единицы, предназначенные для реализации функций приема, обработки, преобразования, хранения и (или) передачи информации или формирования (преобразования) энергии, выполненные на основе несущих конструкций и обладающие свойствами конструктивной и функциональной взаимозаменяемости.

К существующим в настоящее время ограничениям полномасштабного программного развития ЭКБ относятся:

– технологические возможности предприятий электронной отрасли по созданию требуемой номенклатуры ЭКБ с необходимыми топологическими нормами;

– выделяемые объемы государственного финансирования разработок и серийного освоения новой номенклатуры ЭКБ;

– отсутствие привлекательного рыночного спроса разрабатываемой ЭКБ в гражданских отраслях промышленности.

При подготовке технико-экономических обоснований создания ЭКБ для стратегически важных государственных объектов и специальной техники процесс разработки предложений по постановке научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в рамках мероприятий ФЦП заключается в проведении следующих этапов:

– мониторинг потребностей ЭКБ для радиоэлектронных средств (РЭС) стратегически важных государственных объектов и специальной техники (через заявки генеральных конструкторов), позволяющий оценить направления и показатели развития ЭКБ нового поколения и пути воспроизводства (импортозамещения) ЭКБ иностранного производства (ЭКБ ИП), уже примененной в РЭС;

– научно-техническая экспертиза заявленных потребностей, включающая проведение унификации по параметрам и техническим характеристикам, оптимизацию по номенклатуре, оценку возможностей предприятий отечественной промышленности по разработке требуемой ЭКБ.

В результате проведения данных мероприятий формируется потребный вариант создания ЭКБ в обеспечение РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники.

В условиях ограниченного финансирования работ из ФЦП по созданию ЭКБ наиболее актуальной задачей является обоснование приоритетных направлений ее развития при выполнении НИОКР в рамках реализации программных мероприятий. В основу определения приоритетности создания конкретной номенклатуры ЭКБ может быть положен метод экспертных оценок – рейтингового анализа [1].

Рейтинговый анализ позволяет проводить сравнительную оценку планируемых к постановке НИОКР и результатов, которые будут достигнуты при выполнении этих работ. В основе рейтинга лежит интегральная характеристика по определенным признакам, позволяющая выстраивать (группировать) НИОКР в некоторой последовательности по степени убывания (возрастания) выбранной характеристики. Признаки классификации НИОКР отражают степень их важности и первоочередности выполнения.

В качестве исходных данных для определения приоритетности разработок конкретных типов ЭКБ предлагается использовать сведения о:

- мероприятиях (перечне НИОКР) по созданию ЭКБ, предусмотренных программными документами;
- приоритетных образцах РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники;
- планируемых сроках окончания разработки (или начала серийного освоения) РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники, в интересах которых планируется выполнение НИОКР по созданию ЭКБ.

Алгоритм определения приоритетности создания ЭКБ предполагает следующее.

1. Формирование множества (P_i) показателей важности и первоочередности постановки НИОКР, в качестве которых предлагается использовать следующие критериальные признаки:

- создание ЭКБ для обеспечения разработки приоритетных образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники в требуемые сроки;

- воспроизводство ЭКБ ИП, уже примененной в образцах РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники;

- разработка одиночного изделия, серии или унифицированных рядов конкретных типов ЭКБ;

- создание ЭКБ, определяющей основные тактико-технические характеристики (ТТХ) образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники;

- разработка ЭКБ на традиционной (или нетрадиционной) технологии;

- межвидовое использование ЭКБ в образцах РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники.

2. Ранжирование выбранных для анализа показателей по степени важности в зависимости от возможного ущерба, наносимого при выполнении мероприятий ФЦП в случае несоответствия параметра (показателя) установленному критерию, производится по:

- важнейшим показателям (P_{v1}), отклонение которых от выбранного критерия может привести к катастрофическим последствиям для поставленной задачи. В этом случае устанавливается коэффициент важности $K_{v1}=1$;

- определяющим показателям (P_{v2}), отклонение которых от выбранного критерия не приводит к катастрофическим последствиям для выполнения поставленной задачи. В этом случае устанавливается коэффициент важности $K_{v2}=0,5$.

Предлагаемые критерии для оценки важности НИОКР по созданию ЭКБ приведены в табл. 1.

Определение рейтинга НИОКР по созданию ЭКБ по каждому из выбранных показателей, отнесенных по степени важности к одной из групп показателей P_{v1} , P_{v2} , проводится путем сравнения конкретного показателя для каждой из работ P_i в соответствии с установленным критерием Q_i , приведенным в табл. 2.

По результатам сравнения показателей с выбранными критериями по каждой из N НИОКР формируется табл. 3, в которой, в зависимости от результата сравнения, уста-

Критерии по оценке важности НИОКР по созданию ЭКБ

| Критерии важности НИОКР, Q_i | Оценка показателя по критерию важности | |
|---|---|---|
| | Рейтинг I | Рейтинг II |
| Обеспечение ЭКБ приоритетных образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники в требуемые сроки | Обеспечивает | Не обеспечивает |
| Выполнение задач импортозамещения ЭКБ ИП | Решает | Не решает |
| Решение задачи унификации | Обеспечивает разработку серии или унифицированных рядов ЭКБ | Обеспечивает разработку одиночного образца ЭКБ |
| Обеспечение достижения важнейших ТТХ образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники | Обеспечивает | Не обеспечивает |
| Перспективность направления | Обеспечивает развитие нового направления развития ЭКБ | Обеспечивает выполнение НИОКР на традиционных технологиях |
| Решение задачи обеспеченности образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники ЭКБ | Предназначена для многих образцов РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники | Предназначена для конкретного образца РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники |

Т а б л и ц а 2

Критерии определения рейтинга НИОКР

| Характеристика НИОКР | Значение показателя | Рейтинг НИОКР |
|---------------------------|---------------------|---------------|
| Соответствует критерию | $P_i = Q_i$ | I |
| Не соответствует критерию | $P_i < Q_i$ | II |

Т а б л и ц а 3

Рейтинг НИОКР по созданию ЭКБ

| Анализируемые показатели | Рейтинг НИОКР по анализируемым показателям | |
|--------------------------|--|----|
| | I | II |
| P_1 | + | |
| P_2 | | + |
| | | |
| P_i | + | |

навливается соответствующая этому состоянию рейтинговая группа (I или II).

Далее определяется критерий максимальной важности НИОКР, при котором все анализируемые показатели попадают в первую рейтинговую группу

$$\sum_{v=1}^a P_{v1} = \sum_{i=1}^a Q_{i1}, \quad \sum_{v=1}^d P_{v2} = \sum_{i=1}^d Q_{i2},$$

где a, d , – количество анализируемых показателей по группам важности, составляющие в сумме общее число анализируемых показателей P_i ;

Q_{i1}, Q_{i2} – установленный критерий важности.

Затем рассчитываются весовые коэффициенты K_{r1}, K_{r2} для каждой из анализируемых НИОКР по показателям разного уровня важности, попавшим в первую рейтинговую группу

$$K_{r1} = \sum_{r=1}^m P_{r1} / \sum_{v=1}^a P_{v1} \leq 1,$$

$$K_{r2} = \sum_{r=1}^g P_{r2} / \sum_{v=1}^d P_{v2} \leq 1,$$

где P_{r1}, P_{r2} , – показатели 1, 2 уровня важности соответственно;

m, g , – число показателей НИОКР (по группам важности), попавших в I и II рейтинговые группы.

Следующим действием определяются итоговые рейтинги каждой НИОКР W_i путем суммирования рассчитанных весовых коэффициентов K_{r1} , K_{r2} с учетом установленных коэффициентов важности K_{v1} , K_{v2}

$$W_i = K_{r1} \times K_{v1} + K_{r2} \times K_{v2}.$$

Оценка важности НИОКР проводится по результатам анализа показателей путем сравнения их итоговых рейтингов W_i с максимально возможным W_{max} , определяемым из вышерассмотренного выражения при условии $K_{r1} = K_{r2} = 1$, и принятым пороговым значением

$$W_{пор} < W_i < W_{max}.$$

В результате формируется перечень НИОКР по созданию ЭКБ с указанием их рейтинга.

С учетом выделенных ассигнований в рамках мероприятий ФЦП формируется пе-

речень НИОКР по созданию ЭКБ для РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники.

Таким образом, предложенный алгоритм выбора приоритетных направлений и показателей развития ЭКБ может быть использован при корректировке мероприятий ФЦП по созданию ЭКБ в обеспечение разрабатываемых, модернизируемых и изготавливаемых РЭС стратегически важных государственных объектов и специальной техники с учетом действующих ограничений и полученных результатов выполнения НИОКР по разработке конкретных типов ЭКБ в предстоящий период.

Библиографический список

1. Саати, Т. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: «Радио и связь», 1993.

МЕТОДЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ НИЗКОКОГЕРЕНТНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗРАБОТКАХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В.Д. БУРКОВ, проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,

Л.В. ЛЕОНОВ, проф. каф. управления автоматизированными пр-вами ЛПК МГУЛ, д-р техн. наук,

В.Т. ПОТАПОВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук,

Т.В. ПОТАПОВ, канд. физ.-мат. наук.,

М.Е. УДАЛОВ, доц., канд. техн. наук

burkov@mgul.ac.ru

Значительная часть современных оптических датчиков физических величин основана на измерении оптического пути световых лучей и его изменений под влиянием внешних воздействий в заданном пространстве или объеме, т.е. на измерениях расстояний и перемещений, в которые конвертируются различные физические величины, такие как давление, температура, магнитное поле [1, 3, 5, 6], деформации [4] и т.д. К настоящему времени известно большое число оптических методов и схем измерения расстояний и перемещений различных объектов в пространстве. В последние годы благодаря освоению волоконно-оптических технологий получили развитие волоконно-оптические методы и устройства измерения расстояний и перемещений и, в

частности, метод волоконно-оптической низкокогерентной интерферометрии (ВОНКИ) [4,2]. Основным отличием низкокогерентной интерферометрии от классической когерентной является применение низкокогерентных источников излучения, длина когерентности которых может быть меньше длины измеряемого оптического пути, например суперлюминесцентных светодиодов. В когерентной или лазерной интерферометрии наоборот применяются высококогерентные источники – лазеры, имеющие длину когерентности, намного превышающую длину измеряемого оптического пути. В случае когерентного источника излучения (лазера) зависимость интенсивности излучения от разности фаз $\varphi = 4\pi d / \lambda$ интерферирующих лучей на выходе

интерферометра Фабри-Перо низкого контраста (прошедших или отраженных), когда значения коэффициентов отражения ИФП много меньше 1, носит строго периодический характер и описывается выражением

$$I = I_0(1 - V \cos(4\pi nd / \lambda)), \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность на входе ИФП;

V – константа, описывающая видность интерференционной кривой и зависящая от характеристики отражателей ИФП и расходимости лучей;

n – коэффициент преломления среды;

d – расстояние между отражателями;

λ – длина волны света.

Оптический путь (расстояния между зеркалами ИФП) можно определить путем подсчета интерференционных максимумов (или минимумов) на кривой, описываемой формулой (1), и расположенных на расстояниях, равных $\lambda / 2$. Кроме этого для измерения перемещений необходимо определять направление изменения оптического пути, что является непростой задачей и приводит к усложнению схемы. Точность измерений абсолютных расстояний таким методом составляет величину, равную $\approx \lambda / 4$, а динамический диапазон может достигать значений $10^5 - 10^7$. Однако при этом требуется применение дорогостоящего оборудования.

С лазерным интерферометром можно получить и значительно более высокую точность измерений, вплоть до нескольких нанометров при измерениях малых расстояний, соответствующих измерениям фаз в пределах $\pm \pi / 2$, т.е. при расстояниях $d \leq \lambda / 2$, где λ – длина волны света ($\lambda \cong 1 \text{ мкм}$; $d \leq 500 \text{ нм}$). Однако и при этом также приходится сильно усложнять схемы измерения, в частности, с высокой степенью стабилизировать рабочую точку интерферометра. Таким образом, когерентная лазерная интерферометрия позволяет получать более высокие точности измерений, но требует разработки сложного и дорогостоящего оборудования [4].

Одним из перспективных и практичных решений измерений абсолютных расстояний и перемещений, на наш взгляд, являются методы низкокогерентной волоконно-оптической интерферометрии (ВОНКИ),

в которых применяются низкокогерентные источники, такие как лампы белого света и светодиоды [6, 7]. Главными достоинствами ВОНКИ является достаточно высокая точность измерений, которая практически не зависит от флуктуаций оптической мощности в линии, дистанционность измерений и возможность создания миниатюрных чувствительных элементов ВОД. Методы ВОНКИ основаны на измерении автокорреляционной функции зондирующего излучения после его взаимодействия с образцом (чувствительным элементом, выполненным в виде ИФП). Эта автокорреляционная функция может быть измерена с помощью интерферометра с модулируемой разностью плеч – *оптического коррелометра* [5] или методом *спектральной интерферометрии*, который заключается в измерении спектра мощности излучения на выходе системы с последующей математической обработкой результатов.

В схемах с оптическим коррелометром возможны две конфигурации: *тандемная и томографическая*. В *томографической конфигурации* объект помещается внутрь оптического коррелометра и является его частью, такая схема, как следует из названия, реализуется в оптической когерентной томографии (ОКТ). Эта схема реализуется на основе

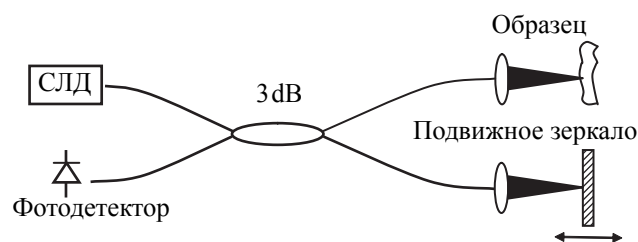


Рис. 1. Оптическая схема томографического варианта низкокогерентного интерферометра

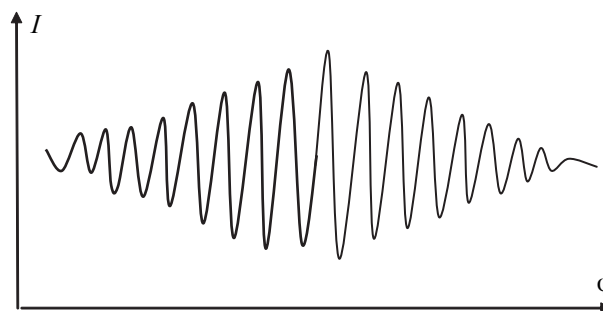


Рис. 2. Изображение интерференционной картины интерферометра

интерферометра Майкельсона, одно из плеч которого образовано интерферометром Майкельсона с подвижным зеркалом, а в другом размещен исследуемый образец (рис. 1).

Когда разность оптических путей для двух разных плеч интерферометра становится близкой к длине когерентности источника излучения, на выходе схемы наблюдается интерференционная картина, которая изображена на рис. 2.

Для источника с гауссовым распределением интенсивности излучения по длинам волн (например, для суперлюминисцентного диода СЛД) интенсивность оптического сигнала на выходе оптического коррелометра (на входе фотодиода) имеет вид

$$I = I_0 \{ 1 + 1/2 \exp[-(\varphi / \pi L_c)^2] \cos(\varphi) \}, \quad (2)$$

где, φ – это разность фаз двух лучей;

L_c – длина когерентности источника.

Когда разность фаз равна нулю, эта функция имеет максимум. Таким образом, изменяя разность фаз с помощью подвижного зеркала интерферометра, можно установить момент, когда функция I максимальна, и таким образом определить фазовую задержку в образце [2,5] и по его значению вычислить длину оптического пути света в образце.

Если за время измерения длины одного из плеч интерферометра успевает измениться на некоторую величину, то изменяется и разность фаз, поэтому исследуемая величина измеряется с ошибкой, то же происходит при изменении температуры или вибрации. Таким образом, томографическая конфигурация не устойчива по отношению к изменениям внешних условий, что ограничивает область ее применений.

Более помехоустойчивой является схема на рис. 3, в которой чувствительный и сканирующий интерферометры разделены и располагаются последовательно – тандемный вариант.

В этой схеме излучение широкополосного источника через одно из плеч волоконного разветвителя подается в чувствительный элемент (например, ИФП), а затем отраженный сигнал через другое плечо разветвителя поступает в сканирующий интерферометр с изменяющейся по линейному закону длиной

оптического пути одного из плеч, характеристики которого должны быть жестко застabilизированы от внешних воздействий и возмущений. Разность хода лучей в двух плечах сканирующего интерферометра значительно превышает длину когерентности источника, поэтому интерференция от каждого интерферометра (измерительного и опорного) по отдельности не может наблюдаться. Если же оптическую разность хода сканирующего интерферометра сделать достаточно близкой (в пределах длины когерентности источника) к разности хода в чувствительном интерферометре, то возникает интерференция лучей, поступающих на фотоприемник от двух интерферометров. Фаза и видность пиков интерференционной картины является функцией отличия разностей оптических путей (разностей фаз) двух интерферометров.

Функция пропускания такой системы имеет вид

$$I = I_0 \{ 1 + 1/2 \exp[-((\lambda(\varphi - \varphi_s)) / \pi L_c)^2] \cos(\varphi - \varphi_s) \}, \quad (3)$$

где φ – разность фаз в чувствительном интерферометре;

φ_s – разность фаз в сканирующем интерферометре.

По мере изменения разности фаз в сканирующем интерферометре, интенсивность на выходе такой тандемной системы изменяется согласно рис. 4.

Функция пропускания максимальна в том случае, если $\varphi = \varphi_s$, таким образом, определяя максимум этой функции, мы определяем разность фаз в сканирующем интерферометре, а следовательно, и разность фаз в чувствительном интерферометре. Важно обратить внимание, что картина интерференции может наблюдаться, только если разность фаз чувствительного и сканирующего интерферометров не превышает длину когерентности источника излучения. При изменении разности фаз в чувствительном интерферометре, т.е. при изменении величины измеряемого внешнего параметра, максимум функции пропускания смещается; настраивая сканирующий интерферометр на этот максимум, можно вновь определить величину измеряемого параметра по изменению фаз. Следует

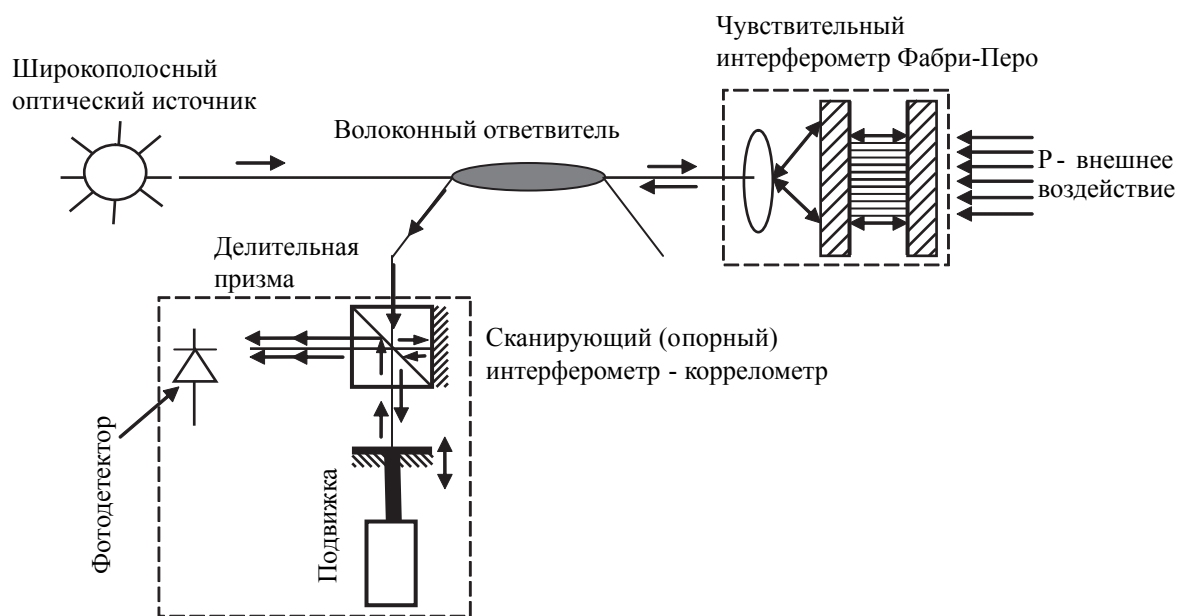


Рис. 3. Схема тандемного низкокогерентного интерферометра

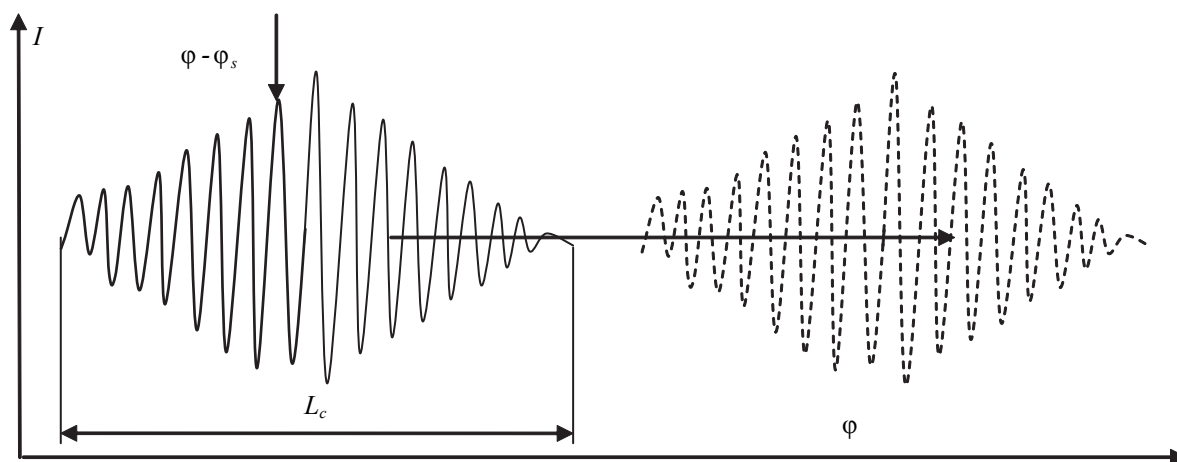


Рис. 4. Схематическое изображение функции пропускания тандемного низкокогерентного интерферометра

отметить, что варианты метода ВОНКИ с оптическим коррелометром довольно сложны и дороги для практической реализации ВОД на их основе вследствие сложности их схем, требующих жесткой стабилизации параметров коррелометра.

Спектральный метод ВОНКИ

На наш взгляд, для практической реализации в настоящее время наиболее подходящим является метод спектральной ВОНКИ, т.к. он наиболее прост и дешев в реализации. Однако до сих пор остается неясным вопрос о точности измерений, которая может быть достигнута этим методом. Спектральный метод ВОНКИ заключается в измерении спектра

мощности излучения образца (автокорреляционной функции зондирующего излучения после его взаимодействия с образцом) с последующей математической обработкой этого спектра. На рис. 5 приведена схема установки, реализующей спектральный метод ВОНКИ[1]. Здесь в качестве чувствительного элемента (образца) применяется интерферометр Фабри-Перо слабого контраста, образуемый, с одной стороны, торцом оптического волокна, а с другой – какой-либо отражающей поверхностью, например, мембраной или торцом другого оптического волокна. Установка состоит из источника излучения, волоконно-оптической линии с разветвителем и спектрометра, включающего отражательную дифрак-

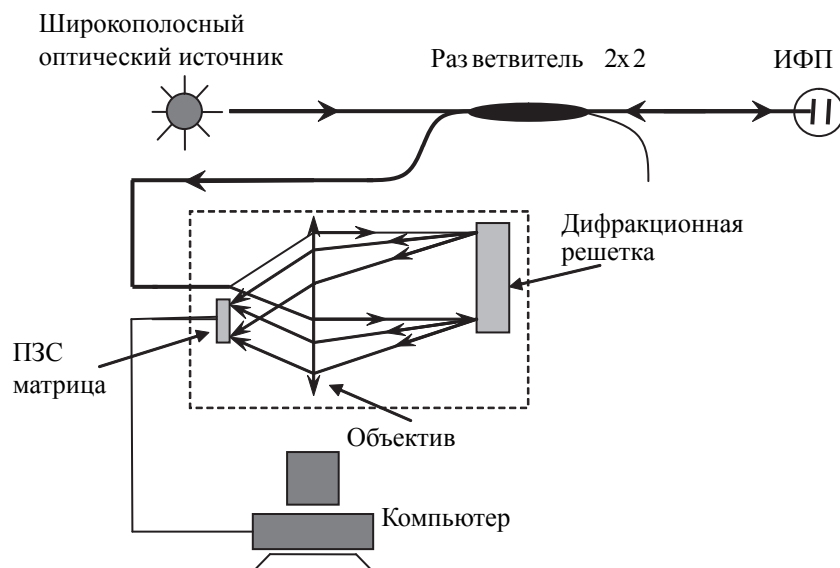


Рис. 5. Схема установки для измерения базы ИФП и перемещений

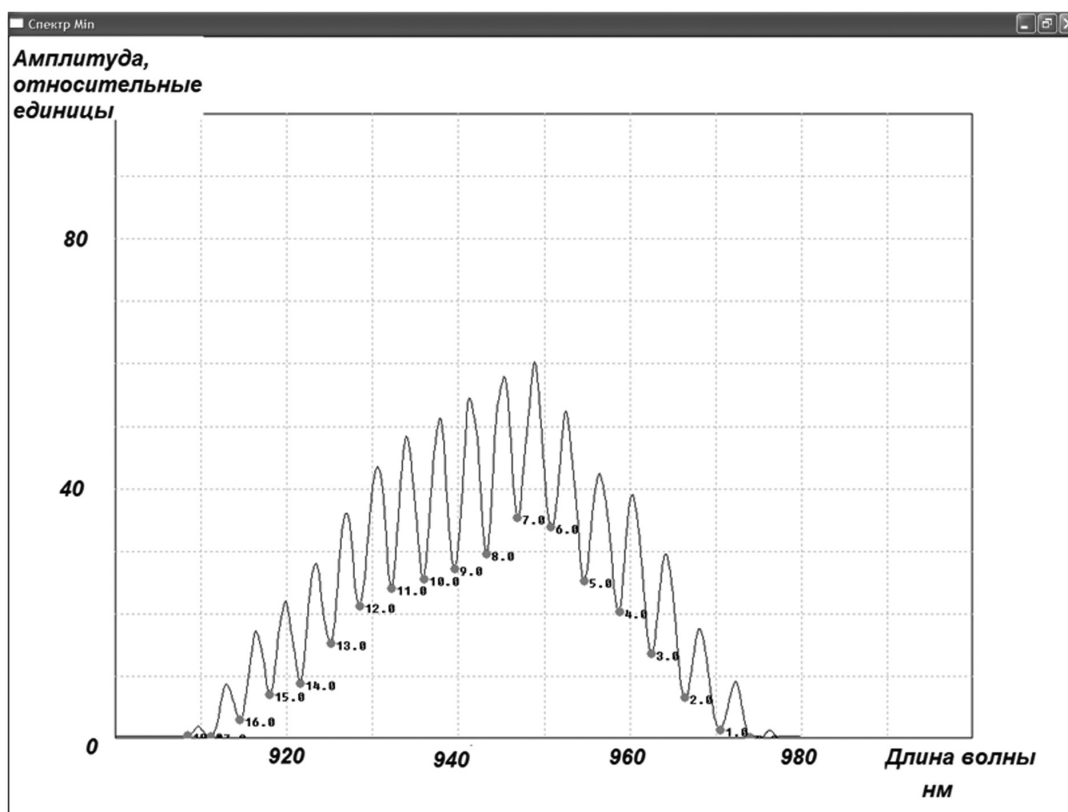


Рис. 6. Спектр интерферометра Фабри-Перо

ционную решетку (эшеллет), объектив и ПЗС матрицу. Излучение широкополосного источника суперлюминесцентного светодиода SLD471, излучающего в диапазоне ~920–960 нм с центром на длине $\lambda \approx 940$ нм, по оптическому волокну попадает на ИФП, образованный на торце волокна. Отраженный от ИФП сигнал через разветвитель подается на вход

спектрометра. Спектрометр выполнен по автоколлимационной схеме, свет проходит через объектив дважды – туда и обратно, при этом отраженный от решетки спектр излучения 1^ю порядка регистрируется ПЗС матрицей с числом пикселей 640×512. Фокусное расстояние объектива составляет 50 мм, светосила 2,8, диаметр абберационного пятна ≈ 20 мкм.

Дифракционная решетка представляет собой реплику на стекле, покрытую металлом. Размеры решетки 40×40 мм, число штрихов 600 шт./мм. Эффективность решетки в 1 порядке дифракции составляет $\cong 70\%$.

Известно [3,4], что спектр SLD имеет гауссово распределение, в данном случае с центром на $\lambda = 940$ нм. Поэтому интенсивность отраженного сигнала будет представлять собой произведение функций отражения интерферометра Фабри-Перо слабого контраста (коэффициент отражения на границе кварц–воздух равен 0,04) и гауссовой функции источника, т.е. имеет вид

$$I(\lambda) = I_0 \cdot V R^2 \exp[-(\lambda - \lambda_0)^2 / 2\Delta\lambda^2] \times (1 - \cos(4\pi n d / \lambda)), \quad (4)$$

где I_0 – мощность излучения на входе волоконного тракта;

V – константа, зависящая от величины потерь излучения и эффективности связи между ИФП и оптическим волокном, которые в условиях эксперимента можно считать постоянным;

R – коэффициент отражения от отражателей ИФП;

n – коэффициент преломления среды (для воздуха $n = 1$).

На рис. 6 в качестве иллюстрации приведен спектр отраженного сигнала от ИФП, образованного торцами двух оптических волокон, расположенных на расстоянии d , равном $\cong 100$ мкм.

Из формулы (4) следует, что максимумы в спектре отражения при фиксированном значении d , находятся один от другого на расстояниях, определяемых из условий разности фаз, равной

$$\varphi_m - \varphi_{m+1} = 4\pi n d / \lambda_m. \quad (5)$$

Откуда выражение для базы ИФП d имеет вид

$$d = \frac{\lambda_m \lambda_{m+1}}{2(\lambda_{m+1} - \lambda_m)n} \cong \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda} \text{ при } n = 1. \quad (6)$$

Таким образом, для вычисления d необходимо определить длины волн, на которых располагаются максимумы (или минимумы) спектра отражения ИФП

Точность измерения d в этом случае будет определяться точностью измерения λ_m , т.е. спектральными характеристиками прибора, в

том числе характеристиками ПЗС матрицы и отношением сигнал/шум [8]. В настоящее время существующие спектральные приборы на основе дифракционных решеток позволяют измерять спектры излучения в ближней ИК области с разрешением в сотые доли нанометров. В этом случае, как показывают оценки, точность измерения расстояний методом ВОНКИ может достигать 10 нм в диапазоне расстояний от 50 до 250 мкм. Тогда на базе описанного выше метода ВОНКИ возможно создание высокоточных датчиков для измерения абсолютных расстояний с динамическим диапазоном $\cong 10^4$. В данном макете устройства точность измерений ограничивалась шумами ПЗС-матрицы и составляла примерно ± 100 нм при измерении расстояния между торцами оптических волокон в пределах 100 мкм.

Библиографический список

1. Бурков, В.Д. Волоконно-оптические датчики физических величин на основе низкокогерентной интерферометрии / В.Д. Бурков, В.Т. Потапов, Т.В. Потапов и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 5(74). – С. 157–161.
2. Bing Yu, DaeWoong Kim, Jiang Deng, Hai Xiao and Anbo Wang, “Fiber Fabry-Perot sensors for detection of partial discharges in power transformers”, Appl. optics, vol.42, №16, 2003.
3. Y.J.Rao and D.Jackson, “Recent progress in fiber optic low-coherence interferometry”, Meas.Sci.Technol., 1996, pp. 981–989.
4. Patricia M. Hieva, “New trendson MEMS sensor technology for harsh environmental applications”, Sensors and Transducers Journal, Special Issue, Oct. 2007, pp.10-30 (имеется русский перевод в журнале «Датчики и системы», №5, 2008 г., стр. 38–46, «Новые тенденции в технологии MEMS-датчиков для применения в жестких условиях»).
5. Ki D. Oh, J. Ranade, V. Arya, A. Wang, R.O. Claus “Miniaturized fiber optic magnetic field sensors”, SPIE, v.3538, pp.136–142, 1998.
6. Иванов, В.В. Дифференциальная низкокогерентная интерферометрия для insitu диагностики прозрачных микроструктур / В.В. Иванов, В.А. Маркелов, М.А. Новиков и др. // Письма в ЖТФ. – 2004. – Т. 30. – Вып. 9. – С. 82–87.
7. S.Taplin, A.Gh.Podoleanu, D.J.Webband D.A.Jackson, “Displacement Sensor Using Channeled Spectrum Dispersed on a Linear CCD Array”, Electron.Lett., v.29, pp.893, 1993.
8. A.Gh.Podoleanu, S.Taplin, D.J.Webband D.A.Jackson, “Channelled Spectrum Liquid Refractometer”, Rev. Sci. Instr., vol. 64, No.10, pp. 3028-9, 1993.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
 Л.В. ЛЕОНОВ, *проф. каф. управления автоматизированными пр-вами ЛПК МГУЛ, д-р техн. наук,*
 С.В. ПЕРМИНОВ, *с.н.с. МГУЛ, канд. техн. наук,*
 И.А. УРВАНЦЕВ, *начальник сектора НПК «СПП»,*
 Д.Г. ЩУКИН, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
 Н.А. ХАРИТОНОВ, *с.н.с. МГУЛ, канд. техн. наук*

burkov@mgul.ac.ru

Среди эксплуатируемых и разрабатываемых оптических и волоконно-оптических систем выделяются квантово-оптические системы, в том числе квантово-оптические устройства управления.

Квантово-оптические системы – это системы, в состав которых входят лазерные устройства [1]. Они в основном применяются в следующих областях техники:

- лазерная космическая и атмосферная связь, в т.ч.
- низкоорбитальные космические комплексы дистанционного зондирования Земли и разведки,
- геостационарные ретрансляторы,
- атмосферные линии связи;
- бортовая лазерная локация, в т.ч.
- топогеодезические космические аппараты,
- системы сближения и стыковки космических аппаратов (КА),
- бортовые оптико-локационные системы;
- бортовые системы видеонаблюдения, в т.ч.
- системы видеорегистрации для самолетов,
- оптико-локационные системы для самолетов,
- системы обнаружения, распознавания целей для наведения ракет систем ПРО;
- системы измерения параметров движения космических объектов, в т.ч.
- космические навигационные и геодезические системы,
- эталонирование и контроль точностных характеристик радиотехнических

средств измерения текущих навигационных параметров КА,

– навигационный контроль геостационарных и высокоэллиптических КА, при их выведении и нахождении на орбите,

– обнаружение и измерение угловых координат КА и объектов космического мусора в интересах систем контроля космического пространства, каталогизации космических объектов;

– системы экомониторинга атмосферы и контроля техногенных катастроф (лидары).

При проведении приемо-сдаточных испытаний (ПСИ) квантово-оптических систем (КОС) одной из метрологических задач является имитация лазерного излучения определенных параметров и их измерение. Как правило, оценке подлежат следующие параметры:

- интенсивность лазерного излучения;
- диаграмма направленности лазерного излучения;
- расходимость лазерного излучения;
- пространственное положение оптических осей систем, входящих в комплекс;
- угол отклонения направления излучения;
- нестабильность оси диаграммы направленности лазерного излучения.

Имитация и измерение указанных параметров и характеристик лазерного излучения осуществляется с помощью оптико-электронной аппаратуры, основой которой являются коллиматоры.

Анализ разработок квантово-оптических систем показывает, что для сборки, юстировки и проведения ПСИ КОС в каждом

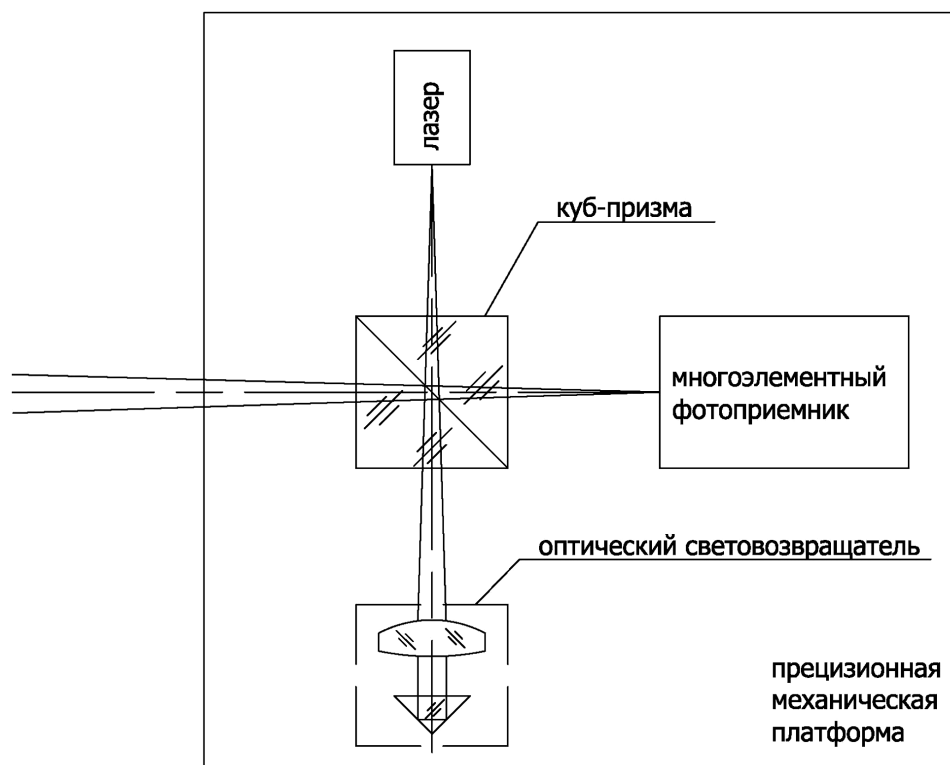


Рис. 1. Схема фокального узла при контроле БТЛС

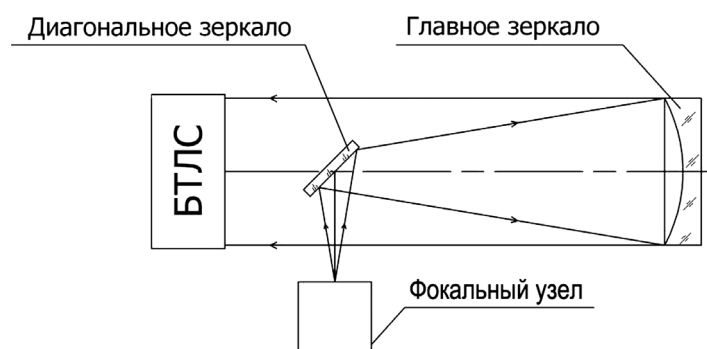


Рис. 2. Схема контроля БТЛС

отдельном случае создается контрольно-измерительная аппаратура, включающая в себя набор измерителей, имитаторов и контрольно-юстировочных приборов, представляющих собой как стандартные, так и нестандартные средства измерения.

Требование повышения точностных характеристик измерительных систем и их габаритов резко увеличивает материальные затраты на их разработку и изготовление, особенно на высокоточные крупногабаритные объективы. Кроме того, для реализации требуемых точностей необходимо обеспечение эксплуатационных условий, что обычно решается путем создания специальных со-

оружий с двухконтурной системой стабилизации температуры в измерительном зале и с виброизолирующим фундаментным блоком для размещения КОС и измерительной аппаратуры.

Разумеется, в этом случае необходимо создание контрольно-измерительной аппаратуры из набора таких имитаторов и измерителей и необходима разработка нового подхода к построению контрольно-измерительной аппаратуры, которая использовалась бы, кроме того, не только для одного заказа. Т.о. необходим модульный принцип построения испытательного стенда, при котором возможно максимальное количество реализаций

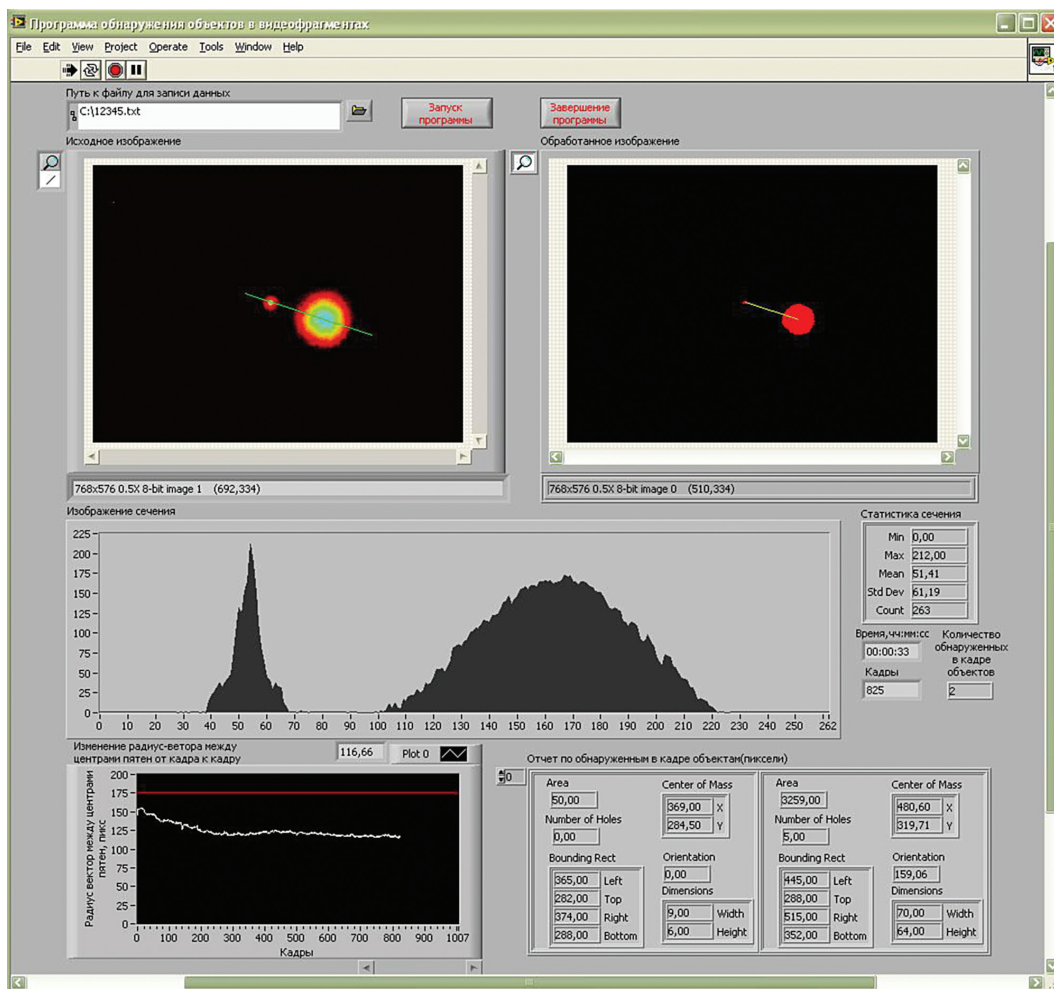


Рис. 3. Окно программы контроля БТЛС

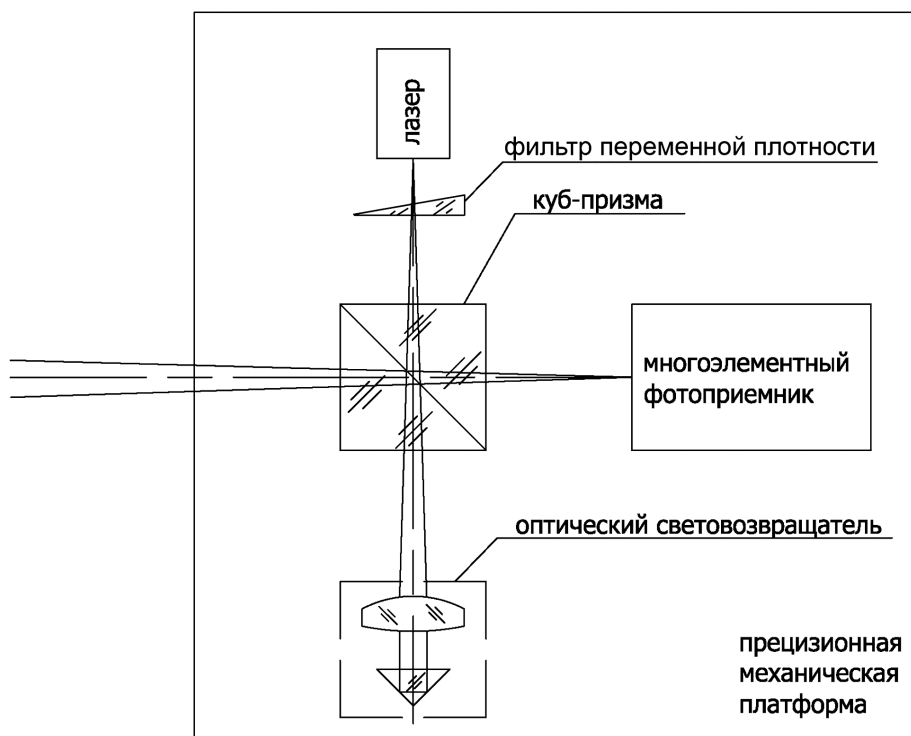


Рис. 4. Схема фокального узла при контроле ретрорефлекторной антенны

различных оптических схем, позволяющих контролировать параметры различных КОС. При этом должны быть учтены следующие требования:

- разработка узлов, работающих с единым высокоточным объективом, вместо разработки набора высокоточных приборов;
- повышение точностных характеристик юстировочно-измерительного комплекса за счет применения приемных устройств высокого разрешения и повышение качества оптики;
- создание в оптической схеме коллиматора специального канала, который бы регистрировал колебания изображения объекта в фокальной плоскости, вызванные остаточным виброфоном и конвекционными потоками воздуха в световой зоне, и с помощью вычислительного программного комплекса учитывал бы этот сдвиг [3].

Далее, для примера, представлены две схемы фокальных узлов, позволяющих посредством коллиматора производить ПСИ бортового терминала лазерной связи (БТЛС) и ретрорефлекторной антенны [2].

При проведении ПСИ БТЛС фокальный узел строится по следующей схеме (рис. 1). В фокальной плоскости коллиматора через светоделительную куб-призму устанавливаются матричный фотоприемник, лазерный имитатор маяка и угловой ретрорефлектор.

В пеленгующий канал БТЛС поступает сигнал маяка, угловой размер которого воспроизводится с помощью коллиматора (рис. 2). После этого БТЛС наводится на абонента и передающая лазерная антенна высылает ему сформированный информационный пакет. Через коллиматор информационный пакет поступает на матричный фотоприемник, установленный в его фокальном узле. При этом на фотоприемник так же поступает сигнал маяка, отраженный ретрорефлектором. На экране компьютера оператора виден кружок рассеяния сигнала имитатора маяка (рис. 3), в пределах которого должен находиться кружок рассеяния сигнала передающей антенны БТЛС. При этом программными

методами учитывается также битовая ошибка передачи информации от БТЛС.

При проведении ПСИ ретрорефлекторных антенн оптическая схема фокального узла коллимирующей системы строится также, как и в предыдущем случае, за тем лишь исключением, что используется лазер другой длины волны, и интенсивность его излучения меняется с помощью фильтра переменной плотности, обеспечивающего реализацию измерений по уровням $1/2$, $1/e$, $1/10$. Т.о. возможно определение не только диаграммы направленности отраженного ретрорефлекторами излучения, но и степени ее стабильности.

Возможна реализация схем фокальных узлов и для других систем, однако, как показано на данных двух примерах, схемы будут отличаться незначительно. Отличия возможны лишь в необходимости применения некоторых дополнительных простых оптико-механических узлов и источников излучения с разными длинами волн и энергетикой, а также соответствующих им приемников излучения.

Т.о. при современной широкой номенклатуре оптических и волоконно-оптических систем, в том числе КОС, перспективной и вполне осуществимой задачей является создание комплексного оптического стенда позволяющего на базе высокоточной коллимирующей системы реализовать тестирование и проверку практически всех видов измерительных схем.

Библиографический список

1. Генике, А.А. Особенности современного метрологического обеспечения геодезической дальномерной техники / А.А. Генике, Ю.Ф. Кузнецов // Метрология в дальнометрии. III Всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. – Харьков, 18–20 октября 1988 г. – С. 11–12.
2. Шаргородский, В.Д. Исследование диаграммы направленности угловых отражателей с различным покрытием граней / В.Д. Шаргородский и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2011. – Т. 16. – № 3. – С. 47–50.
3. Сигналы и помехи в лазерной локации / В.М. Орлов, И.В. Самохвалов, Г.М. Креков и др.; под ред. В.Е. Зуева. – М.: Радио и связь, 1985 – 264 с.

МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ КООПЕРАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.Г. ЕГОРОВ, *проф. каф. истории и культурологи МГУЛ, д-р истор. наук*

vegorov@mgul.ac.ru

Сельскохозяйственная кооперация занимает особое место среди других видов коллективных объединений. Если в промышленности предприятия, организованные в кооперативную форму, имеют строго ограниченное функциональное пространство, обусловленное общественной целесообразностью сохранения мелкосерийного, высокохудожественного производства или хозяйственных субъектов с доминирующей ролью человека (например наукоемкие производства), то в аграрной сфере кооперация практически не имеет альтернативы.

Особая расположенность сельскохозяйственного сектора экономики к кооперированию определяется несколькими обстоятельствами. Во-первых, в отличие от промышленности, производство, непосредственно связанное с «живой природой», имеет ограниченные возможности общественного разделения труда. Трудно представить, чтобы один животновод кормил животное, другой чистил и обихаживал, а третий, например, доил. Парадоксально выглядит и перспектива деления на мелкие технологические операции полеводческих циклов. Безусловно, подготовка почвы к посеву, сев, химическая прополка и все остальные технологические приемы должны осуществляться одними тружениками.

Во-вторых, иметь дело с «живой природой», достигая необходимой отдачи, может только мотивированный, заинтересованный работник, что ограничивает эффективность использования в сельском хозяйстве наемного труда. Наиболее гармонично выглядит в этой сфере производства работник, соединяющий статус собственника и трудящегося.

В-третьих, значительная доля во вновь создаваемой стоимости сельскохозяйственного продукта трудовых затрат работника, обладающего особыми навыками и мотивированного на конечный результат, делает эту

отрасль общественного хозяйства малопривлекательной для капиталистических инвестиций. Наиболее благоприятными, с точки зрения вложения капитала, являются отрасли, в которых риски, связанные с субъективным фактором, сведены к минимальным значениям (например операции на фондовом рынке или добыча углеводородов). Сельское хозяйство, где инвестиции капитала всегда сопряжены с риском, связанным с природными факторами, обязательно добросовестным отношением тружеников к делу, не входит в круг выгодных сфер приложения частнокапиталистической инициативы.

В-четвертых, аграрная сфера, составлявшая «колыбель» традиционного миропорядка, генерирует систему ценностей, комплементарную кооперативной форме организации хозяйства, эволюционно рожденной в период перехода к современному обществу и органично сочетающей черты традиции и модерна. Например, вряд ли удастся найти другую организацию хозяйства, кроме кооперации, основанную на принципах прямой демократии.

В силу указанных обстоятельств кооперация в аграрном секторе практически не имеет альтернативы и является, если не единственным механизмом, повышающим эффективность сельскохозяйственного производства, то, по крайней мере, одним из таковых. Именно этим объясняется широкое развитие кооперативных объединений в сельском хозяйстве. В большинстве развитых капиталистических стран кооперативы стали самой массовой организацией фермеров. В Швеции, Дании, Норвегии, Финляндии, Нидерландах, Японии кооперация охватывает стопроцентно, во Франции и ФРГ – не менее восьмидесяти процентов всех сельских производителей [15, с. 169].

Учитывая социальное значение отрасли функционирования, сельскохозяйственная

кооперация является предметом специального внимания со стороны государства. Политика в отношении объединений сельхозпроизводителей предполагает не только материальные преференции, но и консалтинговые услуги и даже такую «необычную» для свободной рыночной экономики меру, как планирование аграрной отрасли Японии, учитывающее интересы кооперативов, рынка и общества в целом [2].

Вместе с тем следует заметить, что сельскохозяйственная кооперация как закономерная форма организации аграрной отрасли требует необходимых условий функционирования. Во-первых, объединяемые в кооперативы производители должны обладать достаточной собственностью, т.е. состояться в качестве субъектов экономических отношений. Во-вторых, потенциальные кооператоры должны быть участниками рыночных отношений, в которые вовлечены фермеры, должен стимулировать их рост в сторону повышения эффективности и доходности. Показательны в этой связи данные, приведенные А.Г. Папцовым [9, с. 2]. По данным Министерства сельского хозяйства США, из каждых 5 владельцев **товарных ферм** четверо вовлечены, по крайней мере, в один из видов кооперации. Степень вовлеченности в кооперацию прямо коррелирует с уровнем товарности фермерских хозяйств. В систему кооперативных организаций входит 44 % ферм с объемом реализации продукции до 20 тыс. долл. в год, 66 % ферм – с объемом реализации до 100 тыс. долл. в год и 79 % – с объемом реализации свыше 100 тыс. долл.

Таким образом, попытки государства «насадить» сельскохозяйственную кооперацию, используя ее в качестве средства борьбы с пауперизацией сельского населения, что характерно прежде всего для слаборазвитых стран, как правило, обречены на неудачу. Полупролетарские массы, составляющие главный «социальный материал» для продвижения идей кооперации «сверху», помимо отсутствия материального статуса, не имеют необходимых ментальных качеств собственника, являющихся обязательным условием кооперирования.

Стремление правительств стран с неразвитой аграрной отраслью перескочить этап формирования «цивилизованных кооператоров» в большинстве случаев дискредитирует идею кооперации и наносит ущерб ее продвижению [13, с. 15–16].

Мировая практика показала, что важнейшим инструментом государственного регулирования сельскохозяйственной кооперации является налоговая политика. Например, в Испании законом предусмотрено снижение ставки налога на прибыль до 20 %, а для кооперативов, признанных законом «особенно защищаемыми», – до 50 %. Кооперативы в этой стране освобождаются от налогообложения, выплат дивидендов на паи, если их размер не превышает 15 %. Во Франции освобождены от налога на прибыль сельскохозяйственные кооперативы по совместному использованию техники, искусственному осеменению коров, производству вина. В Италии кооперативы освобождаются от корпоративного (37 %) и местного (16 %) налогов на прибыль, если они перерабатывают, хранят и реализуют не менее 25 % продукции своих членов и т.д. [7]

Не менее действенными, но менее масштабными мерами финансового содействия государства кооперативному сектору сельского хозяйства стали прямые субсидии и страхование рынков их деятельности.

Сельскохозяйственная кооперация развивается в простых и сложных формах. Сложные формы объединений товаропроизводителей, встречающиеся значительно реже простых, обобществляют все стороны производственного процесса. Простые товарищества создаются фермерами с целью объединения усилий в какой-то одной сфере производства: сбыте, снабжении, финансовом обеспечении или использовании средств производства.

Примером полного обобществления производства могут служить израильские киббуцы [5]. Однако в полном смысле кооперативами эти организации не являются, так как в них материальная и коммерческая мотивации труда заменены нравственными основаниями. Сложные формы кооперативных объединений встречаются в Германии, Японии,

странах Восточной Европы и других странах. Например, итальянский винодельческий кооператив «Понтасиево» не только возделывает виноградники, изготавливает высокосортное вино, но и за счет общественных фондов обеспечивает кооператоров жильем в кредит, услугами воспитательных учреждений (детские сады), организует обучение детей, осуществляет комплекс здравоохранительных мероприятий [14].

Вместе с тем, никакой закономерности обязательного эволюционирования простых форм сельскохозяйственной кооперации в сложные в реальной практике не прослеживается. Наряду с относительно небольшим количеством производственных кооперативов полного обобществления в аграрном секторе, в том числе развитых стран, в широких масштабах присутствуют разнообразные товарищества, кооперирующие одну или несколько отраслей производственного цикла. Если и следует говорить о какой-либо закономерности кооперативного строительства в сельском хозяйстве, то о явно прослеживающемся стремлении кооперативных объединений выстраивать большую часть экономических связей внутри кооперативного сектора с себе подобными, что, в свою очередь, порождает новые возможности в концентрации производства, организационном укрупнении кооперативных систем, создании «кооперативов самих кооперативов». Так, благодаря значительному увеличению количества интегрированных кооперативных объединений и усложнению их организационной структуры в Германии число кооперативов, действующих в сельском хозяйстве с 1998 по 2008 гг., уменьшилось с 25 тыс. до 3 тыс. При этом число входящих в аграрный кооперативный сектор фермеров увеличилось и достигло 17 млн чел. [10]

Помимо создания интегрированных межкооперативных союзов, эта закономерность реализовывалась в заметном тяготении первичных кооперативов к организации в региональные, отраслевые и национальные объединения. Например, сельскохозяйственная кооперация Швеции организована в национальные отраслевые союзы, каждый из

которых включает региональные федерации кооперативов данной отрасли. В свою очередь, каждый региональный союз (а внутри территорий – каждое кооперативное товарищество) действуют в строго определенных границах, что исключает их конкурентную борьбу в локальном и региональном масштабах [1, с. 142].

Пожалуй, наиболее распространенными среди простых форм сельскохозяйственной кооперации являются сбытовые товарищества. Во Франции, Италии, Португалии и Германии, виноделие которых во многом определяет конъюнктуру на мировом рынке вина, 35–46 % (во Франции до 70 %) сбыта продукции осуществляют кооперативы. В Нидерландах, дающих треть мирового производства крахмала, кооперативные организации обеспечивают основную часть его переработки и сбыта, поставляют на рынок 75 % шампиньонов и цветов. Датские кооперативы сбывают 98 % пушнины. Кооператоры Дании, Финляндии, Нидерландов, Франции, Швеции обеспечивают 45–50 % объема продовольственной продукции на рынках этих стран [15, с. 172].

В Японии государство закрепило за сбытовыми кооперативами право заготовки основной продовольственной культуры – риса. Наряду с отдельными земельными хозяйствами эти объединения поставляют на рынок 95 % риса, 25 % – овощей, 16 % – мяса. Участие кооперативных организаций в сбыте продукции позволяет избежать сельскими производителями эксплуатации со стороны посреднического капитала [2]. Опыт решения проблемы «цивилизованного» сбыта продуктов сельского хозяйства трудно переоценить для отечественной аграрной отрасли.

Защита фермеров от частных скупщиков составляет во всех странах важнейшую задачу сбытовой кооперации. Примеров решения этой задачи достаточно. Вот один из них. Итальянский кооператив «Пемпа» создан собственниками виноградников и фруктовых садов. Его членами являются 2 314 мелких частных сельскохозяйственных хозяйств из г. Имоли и близлежащих районов. Каждый из членов вносит вступительный взнос (око-

ло 6000 руб.) за гектар. Кроме того, каждый член может внести деньги в общественный фонд кооператива и получать за них 10 % годовых (частные банки платят 6–7 %). Размер вклада на каждого пайщика регламентируется уставом. Кооператив занимается закупкой и переработкой винограда, сортировкой, расфасовкой и упаковкой фруктов и реализацией продукции. Цеха кооператива расположены в разных населенных пунктах на его территории и оснащены высокопроизводительной электронно-вычислительной техникой. Грузовик для сборки винограда заезжает на каждый объект. За считанные минуты определяется вес, содержание алкоголя в винограде и его цена. Фрукты, сдаваемые кооперативу, оплачиваются на 10–15 % выше цен частных скупщиков. Фактически кооператив скупает продукцию по розничным рыночным ценам, за вычетом своих расходов. Большая часть фруктов идет на экспорт. В этом случае кооператив берет на себя транспортировку до границы.

Высокий уровень конкуренции на рынке сельхозпродукции заставляет первичные товарищества объединяться в профильные союзы. Примером могут служить бытовые кооперативы Финляндии, организованные в вертикальные структуры по профилю специализации. В то же время разнопрофильные кооперативы объединены на национальном уровне в конфедерацию «Pellervo», являющуюся по многим направлениям лидером на рынке товаров и услуг [11].

Особое место в кооперативной отрасли сельского хозяйства принадлежит коллективной переработке продукции фермеров. Помимо решения главной задачи – повышения экономической состоятельности сельхозпроизводителей – кооперативные предприятия выполняют важную социальную функцию снабжения населения высококачественной, экологически чистой продукцией. Например, в США действует целая система кооперативов «Здоровье», производящих только продукцию с высокими экологическими показателями.

Кооперативная переработка составляет значительную долю сегмента пищевой

промышленности развитых стран. На кооперативные предприятия Франции поступает 50 % всей перерабатываемой в стране сельхозпродукции [9, с. 2].

На сегодня 21 кооперативное предприятие США вошло в список 100 ведущих компаний пищевой промышленности. Кооперативы производят 87 % всего реализуемого сухого молока, 64 % – сливочного масла, 47 % – твердых сыров [14].

Необходимость создания высокотехнологичных предприятий пищевой промышленности инициировала объединение кооперативов в крупные акционерные компании по образцу финской фирмы «Valio.Ltd», принадлежащей 22 кооперативам с 11100 пайщиками [4]. Кооперативное предприятие «Valio» перерабатывает 79 % финского молока. Ассортимент компании насчитывает 800 наименований, из числа которых 500 позиций экспортируется более чем в 40 стран мира. Из них товарооборот России составляет около 30 % от всего объема экспорта. Основными продуктами экспорта в Россию являются плавленый сыр «Viola», полутвердый сыр «Oltermanni», масло «Валио». Значительную долю в экспорте «Valio» занимают США и Бельгия, куда экспортируются сыры. В Северную Европу и страны Балтии поставляются свежие молочные продукты и соки.

В Германии проблема постоянного повышения эффективности кооперативной перерабатывающей отрасли решается через объединение товариществ в Германский союз Райффазен (DRV). По данным Федеральной статистической службы ФРГ, на начало 2009 г. он объединил 3086 кооперативов, занимающихся заготовкой, переработкой и сбытом сельхозпродукции. Общий оборот всех членов DRV в 2006 г. составил свыше 36 млрд евро, в 2007 г. – около 40 млрд евро [10].

Не менее значимое место, чем в переработке сельхозпродуктов, кооперация занимает в снабжении аграрной отрасли. Важность организации снабжения сельскохозяйственной отрасли общественного хозяйства определила приоритетную роль именно этого типа кооперативных объединений. Соотношение снабженческого и сбытового

Удельный вес кооперативов в агробизнесе экономически развитых стран, % [7]

| Страны | Направления деятельности | | | | |
|------------|--|--------|-------|----------------|-------|
| | Маркетинг, материально-техническое снабжение (в среднем) | Сбыт | | | |
| | | молоко | мясо | овощи и фрукты | зерно |
| США | 86 | – | 20 | 40 | 11–45 |
| Канада | 59 | 20–54 | 7–25 | 54 | 15–40 |
| Швеция | 99 | 79–81 | 60 | 75 | 75 |
| Нидерланды | 82 | 35 | 70–96 | – | 40–50 |
| Германия | 55–60 | 30 | 60 | – | 50–60 |

направлений кооперативного сектора экономики развитых стран иллюстрируют данные, содержащиеся в разделе «Зарубежный опыт развития сельскохозяйственной потребительской кооперации» Концепции Министерства сельского хозяйства РФ (29 марта 2008 г.).

Чтобы представить экономическое значение кооперации в обеспечении жизнедеятельности сельского хозяйства, приведем один факт. На долю кооперативов приходится 30 % всех операций по снабжению американских фермеров [14].

Чаше, чем простые товарищества, обобществляющие одну из сторон производственного цикла, в практике сельского хозяйства встречаются кооперативы, совмещающие несколько направлений деятельности и, тем не менее, не вторгающиеся в сферу частного хозяйства фермеров. Показательным может быть японский кооператив «Фудзи кайтаку ногио» префектуры Сидзуоке [3]. Кооператив объединяет 100 крестьянских дворов, имеющих в общей сложности 5 тыс. коров молочной породы, 8 тыс. – мясной. Добровольное объединение животноводов предполагает сохранение полной самостоятельности частных хозяйств. Весь скот, инвентарь, техника, животноводческие помещения, земля остаются в собственности товаропроизводителей и после их вступления в товарищество. При этом совместное предприятие дает гарантированную возможность получения кормов и полностью снимает заботу о сбыте молока. Кооператив поставляет корма по закупочным ценам (прибегая в их заготовке только к услугам производителей) и отдает хозяевам практически всю выручку от продажи молока (отчисляя лишь 1–2 % на оплату труда штатных сотрудников, а также на

содержание общественного помещения). Руководящие органы кооператива выбираются сроком на 3 года из числа наиболее способных хозяев. При этом заработная плата председателя правления почти в два раза ниже месячного дохода семьи животноводов, объединенных в кооперативе. Месячное вознаграждение освобожденного специалиста в два раза меньше зарплаты председателя (300 тыс. иен в месяц). Учитывая, что руководство кооперативом требует полного отвлечения от собственного хозяйства, «привилегия» председателя или заведующего отделом фактически оборачивается достаточно тяжелой обязанностью общественного служения.

Недостаточная подготовка руководителей кооперативов (а их в Сидзуоке насчитывается более десяти) компенсируется оказываемой через префектуральное отделение Всеяпонского союза по освоению сельскохозяйственных земель консультативной помощью со стороны государства.

В отличие от отечественной кредитной кооперации, потребительский и производственные виды кредитования в США дифференцированы. Кредитная кооперация фермеров составляет, как правило, самостоятельную сферу кооперативной деятельности, что соответствует сущностным качествам этой организации, отличающейся от потребительской природой и институциональным содержанием.

Еще в 1916 г. по инициативе Конгресса США была создана Farm Credit System (система кредитования фермеров США – СКФ). Федеральная корпорация по финансированию фермерского кредита – Federal Farm Credit Banks Funding Corporation – выпус-

кает специальные облигации для привлечения свободных средств денежного рынка, на 100 % гарантируемые федеральным правительством. Для создания 12 федеральных земельных банков были использованы деньги, специально выделенные правительством. До 1968 г. заемные средства государства были полностью возвращены.

В настоящее время СКФ состоит из пяти банков (CoBank, AgFirst, AgriBank, Texas, AgBank), кредитующих фермеров, которые обеспечивают предоставление фондов 232 локальным ассоциациям заемщиков. Локальные ассоциации занимаются как краткосрочным, так и долгосрочным кредитованием. Перечисленные выше финансовые институты предлагают кредитные ресурсы сельскохозяйственным товаропроизводителям и их кооперативам во всех 50 штатах страны. СКФ обеспечивает более четверти всех кредитов, используемых американскими фермерами, и является основным источником кредитования покупки недвижимости и деятельности фермерских кооперативов. Деньги для займов СКФ получает под гарантии со стороны Федеральной корпорации по финансированию банков Системы кредитования фермеров (Federal Farm Credit Banks Funding Corporation). Займы СКФ подлежат страхованию Страховой корпорацией системы кредитования фермеров (Farm Credit System Insurance Corporation).

Учитывая институциональное отличие сельскохозяйственного кредитования, американские законодатели (в отличие от российских) создали комплекс правовых актов, специально регламентирующих эту кооперативную отрасль экономики.

Правовую основу организации системы фермерского кредита в разное время составляли законы США: «О федеральных фермерских кредитах» (1916 г.), «О сельскохозяйственном кредите» (1923 г.), «О сельскохозяйственном маркетинге» (1929 г.), «О фермерской ипотеке» (1933 г.), «О фермерском кредите» (1933 г.), «О фермерской ипотеке» (1934 г.), «О фермерском кредите» (1971 г.), «О сельскохозяйственном кредите» (1987 г.), «О реформе фермерской кредитной системы» (1996 г.).

Кооперативы получали и получают от правительства налоговые льготы. В соответствии с федеральным законом о налогообложении уплата налога должна происходить на одном уровне – кооператива или его члена. Денежные средства, вовлекаемые в кооперативный бизнес, не становятся корпоративным доходом, поэтому и не облагаются налогами. На их деятельность не распространяется антитрестовое законодательство, которое ограничивает горизонтальное слияние, т.е. процессы централизации и монополизации производства и капитала.

Активы СКФ в 2009 г. превысили 150 млрд. долл. [6]

Кредитная кооперация фермеров играет важнейшую роль в финансировании сельскохозяйственного производства. Например, в Голландии кооперативный банк «Рабобанк» обеспечивает более 90 % финансовых потребностей сельского хозяйства страны. В Канаде более трети финансовых потоков в сельском хозяйстве приходится на кредитную кооперацию [8, с. 6].

В отличие от потребительского кредита кооперативное финансирование сельского хозяйства осуществляется через поддержку государства. Например, в Японии для этих целей создан Центральный кооперативный банк для сельского и лесного хозяйства. Долгосрочное кредитование фермеров (в отличие от краткосрочного потребительского) обеспечивается в Японии специальными правительственными программами, реализуемыми государственной корпорацией сельского, лесного и рыбного хозяйства [12].

Судя по масштабам и значению функций кооперации в мировом аграрном секторе, эта форма хозяйственной организации имеет значительный жизненный потенциал. Наличие широко развитого кооперативного сектора современного сельского хозяйства убеждает, по крайней мере, в односторонности утверждений о перспективности исключительно частной инициативы в этом экономическом сегменте.

Тем более важен мировой опыт кооперирования сельского хозяйства для нашей страны, где пространственные характери-

ки его распространения ставят под сомнение планы осуществления модернизации аграрной отрасли экономики на основе только индивидуальных, парцеллярных хозяйств.

Библиографический список

1. Аксенов, С.М. Шведская модель развития общества / С.М. Аксенов // Экономика и организация промышленного производства. – 2006. – № 10. – С. 137–151.
2. Алиев, В. Сельское хозяйство в Японии: Онлайн-версия ежемесячного делового журнала Азербайджана «Business Time». 2009. URL: // <http://btime.az>
3. Геронин, Н. Сельское хозяйство Японии // Сельское хозяйство. Прогрессивные технологии/ Сельскохозяйственный аналитический портал. 2003. URL: // <http://www.agriculture.ru>
4. Valio.Ltd. URL: // <http://ammattilaiset.valio.fi/portal>
5. Дубсон Б.И. Кибуцы. Путешествие в светлое будущее и обратно. – Крафт+. – 2008.
6. Кредитные союзы в США. Официальный сайт кредитной кооперации Чувашии. 2009. URL: // <http://www.creditcoop.ru>
7. Концепция развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов. Министерство сельского хозяйства РФ. 29 марта 2006 г. – С. 3. 2008. URL: // <http://businesspravo.ru>
8. Минейру Маркус Антониу Энрикес. Кредитные кооперативы (на португальском языке). – Бразилия, 2006. – С. 6.
9. Папцов, А.Г. Сельскохозяйственная кооперация в странах с развитой рыночной экономикой / А.Г. Папцов. – М. ФГНУ «Росинформагртех», 2009. – 116 с.
10. Перспективы развития кооперации в аграрном секторе экономики Германии. Электронная версия журнала «Проблемы современной экономики». 2009. URL: // <http://www.m-economy/art>
11. Сельскохозяйственные кооперативы Финляндии. [Электронный ресурс]: [Finlands Turistbuseau]. [2010]. URL: // <http://www.finlands.com>
12. Сельскохозяйственная кредитная кооперация в странах Азиатско-Тихоокеанского региона: Индия и Япония. [Электронный ресурс]: [Официальный сайт кредитной кооперации Чувашии]. [2009]. URL: // <http://www.creditcoop.ru>
13. Содействие развитию кооперативов. МОТ (Международная организация труда). – Женева: МБТ. – 2000. – С. 15–16.
14. Устиан И. Кооперация в развитых странах. [Электронный ресурс]: [Портал «Финансовая аналитика»]. [2009]. URL: // <http://www.finanal.ru>
15. Чупина, И.П. Мировой опыт развития сельскохозяйственной кооперации / И.П. Чупина // Проблемы современной экономики. – 2007. – № 1(21). – С. 167–178.

КЛАССИФИКАЦИЯ БАНКОВСКИХ РИСКОВ ПРИ ИНВЕСТИЦИЯХ В РЕАЛЬНЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ

И.С. АГЛИЦКИЙ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, д-р экон. наук*,
Д.Е. КУЛАГИН, *экономист I категории Департамента природных ресурсов Внешэкономбанка*,
Д.В. ОСТАПЕНКО, *управляющий директор Департамента природных ресурсов Внешэкономбанка*

dr230105@mail.ru; kulagin.05@mail.ru; ostapenko_dv@veb.ru

Неопределенность и риск в инвестиционной деятельности играют очень важную роль, так как именно они учитывают противоречие между планируемым сегодня результатом и действительным результатом в будущем. Можно говорить о том, что инвестиционные риски вполне объективны ввиду неопределенности внешней среды по отношению к инвестору. Сегодня в условиях модернизации экономики России весьма актуальна оценка рисков при планировании и размещении инвестиций. Особое значение учет и анализ рисков имеет для банков, которые осуществляют преимущественно не прямые,

а портфельные инвестиции и, следовательно, лишены возможности непосредственного управления инвестиционными процессами.

Само понятие «риск» не является однозначным с позиции современных экономических теорий. В частности, В. Абчук [1] определяет риск как деятельность или действие по снятию неопределенности, а Б. Райзберг [2] определяет риск как ущерб или возможные потери, придерживаясь тем самым классической теории предпринимательского риска. Самое распространенное представление о рисках – это их отождествление с возможными убытками в результате деятельности. Это

мнение, в частности, поддерживает Э. Козловская [3]. Другой подход к определению рисков осуществляется через вероятность отклонения от необходимого (желаемого). Такой подход приближает, на наш взгляд, к пониманию сути риска. Сторонниками этого подхода являются С.Грабовый [4], А.Первозванский [5] и другие исследователи.

Именно так обстоят дела с определением банковских инвестиционных рисков. В отличие от кредитных рисков, когда банк на основе определенных методик анализирует платежеспособность заемщика и принимает на основе анализа решение о выдаче кредита на условиях срочности, возвратности и платности, инвестиционные риски связаны прежде всего с успехом или неудачей в бизнесе самого объекта инвестирования. Банк проявляет готовность идти на инвестиционный риск в условиях неопределенности, поскольку наряду с риском потерь существует возможность дополнительных доходов. При этом обычно существует несколько вариантов решений. Можно выбрать решения, содержащие меньший прогноз риска, но при этом меньше будет и прогнозируемая прибыль. Более высокий инвестиционный риск связан с вероятностью получения более высокого дохода от инвестиционного проекта.

Сложность классификации банковских инвестиционных рисков заключается в их многообразии. В экономической литературе пока нет единой системы классификации рисков. Существует множество подходов к классификации рисков. Определенный интерес представляет классификация, сделанная И. Шумпетером [6], который выделяет два основных вида инвестиционного риска:

- риск, связанный с возможным техническим провалом, сюда же относится также опасность потери благ, порожденная стихийными бедствиями;
- риск, сопряженный с отсутствием коммерческого успеха.

Авторами предлагается собственная классификация инвестиционных банковских рисков (рисунок).

Все риски делятся на существенные, которые оказывают реальное влияние либо на

сроки инвестиционного проекта (временные риски), либо на стоимость инвестиционного проекта (финансовые риски), либо на функциональную полноту внедренной технологии (технологические риски), и несущественные (игнорируемые). Представляется, что такое допущение позволит сконцентрировать усилия на учете наиболее важных для инвестиционного проекта рисков.

Далее все существенные риски подразделяются на управляемые, которые в определенной степени оптимизируются, и неуправляемые, которые просто учитываются при анализе инвестиционного проекта. Среди неуправляемых рисков выделяются предсказуемые и непредсказуемые инвестиционные риски.

С позиции времени возникновения и с учетом инвестиций в реальный сектор экономики предлагается классифицировать банковские риски на предпроектные, проектные и постпроектные, в соответствии с этапами инвестиционного проекта. Кратко опишем особенности предлагаемых этапов.

1. Предпроектный этап предполагает все работы по выбору инвестиционного проекта, планирование внедрения и запуска, а также согласование плана работы со всеми заинтересованными лицами и инстанциями.

2. Проектный этап предполагает проведение всего комплекса работ по созданию, если это необходимо, и последующему внед-

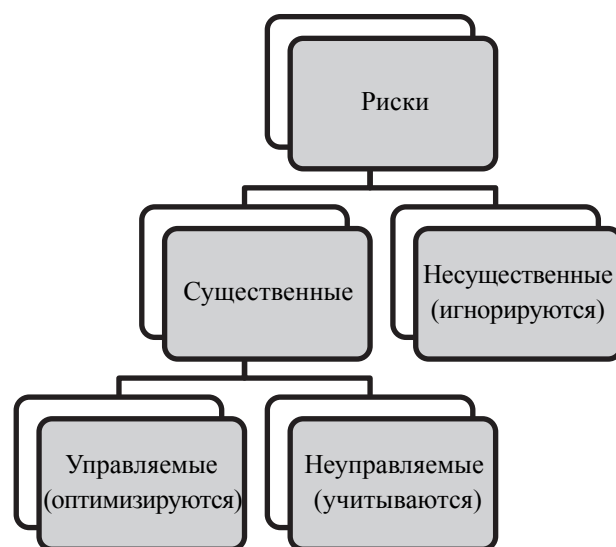


Рисунок. Классификация инвестиционных банковских рисков

Существенные временные риски

| Сущность риска | Стадия проекта | Возможность управления |
|---|----------------|----------------------------------|
| Задержка при планировании и утверждении проекта | предпроектная | управляемый прогнозируемый |
| Ошибочное планирование сроков внедрения проекта | предпроектная | неуправляемый прогнозируемый |
| Неэффективный план внедрения по технологии | проектная | управляемый прогнозируемый |
| Неэффективный план внедрения по организации работы | проектная | управляемый прогнозируемый |
| Неэффективный план внедрения по персоналу | проектная | управляемый прогнозируемый |
| Задержка при адаптации и запуске технологии после внедрения | постпроектная | неуправляемый прогнозируемый |
| Форс-мажорные временные риски | любая | неуправляемый непредсказуемый |

Т а б л и ц а 2

Существенные финансовые риски

| Сущность риска | Стадия проекта | Возможность управления | Стоимостная оценка |
|--|----------------|---------------------------------|---|
| Рост курса основных мировых валют по отношению к рублю | проектная | неуправляемый прогнозируемый | Прогноз удорожания стоимости проекта |
| Превышение расчетных инфляционных ожиданий | проектная | неуправляемый прогнозируемый | Прогноз удорожания стоимости проекта |

рению в эксплуатацию объекта инвестирования.

3. Постпроектный этап предполагает эксплуатацию технологии в полномасштабном режиме и проведение необходимых дополнительных адаптационных и иных мероприятий, связанных с эксплуатацией инвестиционного объекта.

В соответствии с избранной классификацией определим основные существенные инвестиционные риски. Как было указано ранее, выделим три основных группы рисков.

К первой группе будем относить временные риски (табл. 1.).

Как видно из таблицы, на первом (предпроектном) этапе возникают два основных временных риска. Задержка при планировании и утверждении проекта внедрения вполне возможна, и ее можно спрогнозировать в виде штрафа за задержку. Аналогичным образом можно учесть риски на проектной стадии, связанные с неэффективным планированием внедрения информационной системы. В определенной степени сюда можно отнести

и форс-мажорный временной риск. Размер каждого из перечисленных штрафов существенно зависит от срока задержки проекта.

Ко второй группе будем относить финансовые риски (табл. 2.), среди которых в современных российских условиях наиболее существенными являются два – валютный и инфляционный.

Экономический валютный риск определяется как вероятность неблагоприятного воздействия изменений обменного курса на экономическое положение проекта и объекта инвестирования. Он возникает, например, в результате изменения объема товарооборота в стране или цен на средства производства либо на готовую продукцию, а также вследствие изменения конкурентоспособности фирмы по сравнению с остальными производителями аналогичных товаров.

Так как Россия продолжает оставаться преимущественно сырьевой страной, колебания курса рубля вполне вероятны и существенно зависят от мировых цен на нефть и газ. Следовательно, валютные риски вполне

Существенные организационно-технологические риски

| Сущность риска | Стадия проекта | Возможность управления |
|---|-------------------------|------------------------------------|
| Плохая интеграция с существующей технологией | проектная | управляемый прогнозируемый |
| Неполная мощность технологии по сравнению с изначально планируемой мощностью | постпроектная | управляемый прогнозируемый |
| Технические риски (ошибки в выборе оборудования или в его монтаже, сбои и т.д.) | постпроектная | управляемый непрогнозируемый |
| Инновационные риски (возможность появления новых, более прогрессивных технологий, инновационного оборудования и т.д.) | проектная постпроектная | неуправляемый непрогнозируемый |
| Организационные риски (существенные изменения в технологии управления или в организационной структуре) | проектная постпроектная | неуправляемый слабо прогнозируемый |
| Форс-мажорные технологические риски | проектная постпроектная | неуправляемый непредсказуемый |

вероятны и требуют своевременного учета и анализа.

Традиционно неопределенность, связанную с валютными рисками, анализируют с помощью ряда статистических величин. Е.М. Четыркин [7] предлагает использовать понятие волатильности, т.е. изменчивости валютного курса во времени, измеряемой на основе среднеквадратического отклонения, дисперсии и коэффициента вариации. При использовании метода сценариев для учета и анализа валютных рисков (аналогичные рассуждения справедливы и для инфляционного риска) рекомендуется проводить их оценку при нескольких вариантах реализации, в которых имеют место изменения (отклонения от значений, принятых в базовом варианте). Для проведения таких расчетов необходимо знать возможные пределы изменения соответствующих параметров проекта.

К последней, третьей группе будем относить технологические риски (табл. 3). Здесь имеет смысл выделить две самостоятельные подгруппы рисков. К первой группе относятся риски, связанные с самой технологией или техническими аспектами внедрения. Ко второй группе относятся риски, связанные с научно-техническим прогрессом или с существенными изменениями в сфере управления предприятием и/или отраслью. Такие риски трудно предсказать, однако учитывать

их вполне целесообразно. В данной группе следует учитывать также форс-мажорные риски.

Как видно из таблицы, на проектной стадии возникает вероятность нестыковки или недостаточно хорошей стыковки инновационных информационных решений с существующей технологией. Для реального сектора экономики это особенно актуально. Также достаточно существенны организационные технологические риски, связанные с изменениями в структуре отрасли или предприятия.

Следует отметить, что некоторые риски из разных групп в определенной степени коррелируют друг с другом, что необходимо учитывать при расчетах. По степени управляемости все избранные риски делятся примерно поровну на управляемые и неуправляемые. Такая же ситуация наблюдается и по параметру предсказуемости избранных в данной классификации рисков.

С учетом изложенного можно провести новую группировку банковских инвестиционных рисков следующим образом. Выделим четыре группы по степени предсказуемости и управляемости.

К первой группе относятся управляемые и прогнозируемые риски. Эти риски являются объектами управления. По этой группе рисков можно предлагать различные действия по уменьшению вероятности

их появления либо по уменьшению ущерба от них.

Вторая группа рисков включает управляемые, но непрогнозируемые или плохо прогнозируемые риски. Здесь можно рекомендовать такие методы управления, как бездействие, минимизация или исключение риска, если последнее возможно.

К третьей группе относятся прогнозируемые неуправляемые риски. Такие риски имеет смысл учитывать не по математическому ожиданию ущерба от них, а по методу сценариев. Для каждого такого риска имеет смысл выбрать три основных сценария – оптимистичный, реалистичный и пессимистичный. Далее экспертно или на основе расчетов, базирующихся на дополнительной информации (например, статистике), рассчитать суммы ущербов от этих рисков по каждому из сценариев. Результаты расчетов далее можно использовать при анализе.

Последняя группа непредсказуемых и неуправляемых рисков (инновационных и форс-мажорных) оценивается экспертно и используется в анализе как некий параметр. Тем не менее, даже на экспертном уровне

можно задать несколько значений ущерба от этих рисков, как и в случае с предыдущей группой, однако точность прогноза здесь существенно более низкая.

Представляется, что приведенная в статье авторская классификация банковских инвестиционных рисков может быть полезна при анализе реальных инвестиционных проектов с участием банковского капитала.

Библиографический список

1. Абчук, В.А. Азбука менеджмента / В.А. Абчук.– СПб.: СОЮЗ, 1998. –272 с.
2. Райзберг, Б.Г. Азбука предпринимательства / Б.Г. Райзберг. – М.: Экономика, 1995. – 190 с.
3. Козловская, Э.А. Основы банковского дела / Э.А. Козловская. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 265 с.
4. Грабовый, С. Риски в современном бизнесе / С. Грабовый. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1995. – 400 с.
5. Первозванский, А.А. Финансовый рынок: расчет и риск / А.А. Первозванский, Т.Н. Первозванская. – М.: Инфра-М, 1994. – 215 с.
6. Шумпетер, Й. Теория экономического развития: пер. с нем. / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 560 с.
7. Четыркин, Е.М. Финансовый анализ производственных инвестиций / Е.М. Четыркин. – М.: Дело, 1998. – 256 с.

НОРМАТИВНО-ДЕСКРИПТИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯМИ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ

И.С. АГЛИЦКИЙ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, д-р экон. наук,*
 Н.А. ДЕМИЧЕВА, *асп. каф. экономической информатики МГУПС,*
 В.В. КУЗЬМИН, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, д-р экон. наук*

dr230105@mail.ru; nata_shik89@inbox.ru

Социально-культурная сфера – весьма сложное и достаточно неоднозначное понятие. Некоторые авторы трактуют это понятие достаточно широко и определяют социально-культурную сферу как совокупность всех предприятий, связанных с обеспечением жизнедеятельности людей. Другие, напротив, ограничивают социально-культурную сферу исключительно туризмом и отраслью гостеприимства. Отдельные исследователи включают в это понятие совокупность лишь тех предприятий, которые выполняют социально-культурные функции, имеющие значение

для всего общества, а это достаточно узкий перечень.

Представляется, что под социально-культурной сферой можно понимать совокупность предприятий, на которых производятся товары и услуги, необходимые для удовлетворения социально-культурных потребностей людей [1]. Еще более точным является, на наш взгляд определение, которое дает С.М. Каранец: «Социокультурная сфера представляет собой деятельность людей, направленную на производство образовательных, культурных и медицинских благ и услуг домохозяйствам»

[2]. Под домохозяйствами здесь следует понимать семьи.

Деятельность в социально-культурной сфере осуществляется в современной России организациями, учреждениями, предприятиями различной принадлежности (государственными, муниципальными, частными, общественными организациями, корпорациями и холдингами) и форм собственности (это могут быть открытые или закрытые акционерные общества, общества с ограниченной ответственностью, фонды, ассоциации, союзы и др.) [3]. Несмотря на существенные различия в методах управления и финансирования предприятий социально-культурной сферы, у разных владельцев есть определенные общие особенности.

Во-первых, вполне очевидно, что наблюдается существенный рост требований к компетентности менеджеров, специалистов и работников социально-культурной сферы. Если в СССР применялись преимущественно административно-командные и распределительные технологии управления такими предприятиями, то сегодня необходимо более широкое использование экономических методов, в том числе и инновационных, базирующихся на современных моделях маркетинга и новых информационных технологиях.

Во-вторых, переход от преимущественно дотационного бюджетного финансирования таких предприятий к самофинансированию (полному или частичному) приводит к необходимости активного поиска и привлечения инвестиций для финансирования социально-культурных программ в условиях достаточно жесткой конкуренции. Это достаточно радикально меняет требования к профессиональным компетенциям менеджера в этой сфере.

Указанные особенности весьма существенно влияют на технологии менеджмента в социально-культурной сфере. В определенной степени система управления предприятиями данной сферы может рассматриваться как нормативно-дескриптивная система.

Различают нормативные и дескриптивные системы [4]. Под нормативными (оптимизируемыми) системами понимают сис-

темы, в которых управленческие решения, связанные с их функционированием или развитием, принимаются централизованно, на основе оптимизации глобального критерия или взаимосвязанного комплекса критериев системы. Именно такой тип систем был распространен в социально-культурной сфере в СССР. Формально в качестве глобального критерия выступали такие цели, как повышение культурного уровня населения, благосостояния народа и т.д.

Отчасти эти критерии обеспечивались как на федеральном, так и на региональных и местных уровнях (в частности, была отработана достаточно жесткая схема управления жилищной очередью для лиц, нуждающихся в улучшении жилищных условий). В значительно большей степени нормативный подход к управлению социально-культурной сферой был реализован на ведомственном уровне. Практически каждое министерство или ведомство имело свой жилищный фонд, сеть медицинских и культурных учреждений, ведомственные детские сады, школы, пионерские лагеря и т.д. В определенной степени данное положение в некоторых крупных корпорациях сохранилось и по сей день, однако управление уже нельзя однозначно назвать чисто нормативным.

С распадом СССР и переходом к рыночным отношениям социально-культурная сфера претерпела существенные изменения. Несмотря на то, что государство по-прежнему является основным поставщиком социально-культурных услуг и значительная часть этих услуг производится организациями государственной и муниципальной собственности, имеются коммерческие альтернативы практически во всех направлениях такой деятельности. Это объясняется тем, что государственные, региональные и муниципальные бюджеты сегодня не в состоянии обеспечить эффективное функционирование социально-культурной сферы, поэтому их дополняют коммерческие структуры.

Государственные и муниципальные учреждения активно осуществляют предпринимательскую деятельность на базе оказания платных услуг населению и другим органи-

зациям. Одновременно с ними на рынке функционируют самостоятельные коммерческие фирмы и их структурные подразделения. Покажем, как это происходит на практике, на примере высшего профессионального образования.

В соответствии со статьей 11 Закона «Об образовании» [5] учредителем образовательного учреждения, помимо органов государственной власти и личного самоуправления, могут стать отечественные и иностранные организации всех форм собственности и их объединения (ассоциации и союзы), общественные и религиозные организации (объединения), зарегистрированные на территории РФ, а также физические лица. Законом установлена достаточно широкая автономия и самостоятельность образовательных учреждений. В пределах, определенных законодательством и уставом, учебным заведениям предоставлено право самостоятельно проводить кадровую политику, осуществлять научную, финансовую, хозяйственную и иную деятельность.

Таким образом, в Российской Федерации создана правовая основа для предоставления образовательными учреждениями платных образовательных услуг. В соответствии со статьей 45 Федерального Закона «Об образовании» [5] государственные и муниципальные образовательные учреждения вправе оказывать населению и организациям дополнительные платные образовательные услуги по освоению соответствующих образовательных программ и федеральных образовательных стандартов, а также сверх них (углубленное изучение предметов, преподавание специальных курсов, репетиторство и др.). Статьей 46 указанного закона предусмотрена платная образовательная деятельность негосударственных образовательных учреждений.

В современных условиях государственные вузы имеют две составляющие. Первая – это бюджетная деятельность, финансируемая государством (ведомством, муниципалитетом). Вторая – это коммерческая деятельность, основанная на самофинансировании. Негосударственные вузы работают

исключительно на основе самофинансирования. Очевидно, что коммерческие подразделения государственных вузов и негосударственные вузы работают в условиях рынка и рыночной конкуренции. Здесь уместно говорить о дескриптивной системе управления.

Под дескриптивными (поведенческими) понимают системы, в которых решения принимаются на основе оптимизации собственных локальных критериев самих объектов системы [6]. По сути это отдельные организации, ничем не объединенные критерияльно. Каждый элемент принимает решение в соответствии с собственным локальным критерием, повлиять на который никто не в силах. Можно лишь наблюдать и анализировать поведение отдельных участников такой системы.

В примере с вузами наблюдается именно такая картина. В соответствии с законом вузы вправе самостоятельно определять ассортимент платных услуг и устанавливать цены на эти услуги. Аналогично обстоят дела и с другими объектами социально-культурной сферы – больницами, поликлиниками, санаториями, домами культуры и т.д.

Для анализа дескриптивных систем используются в основном имитационные модели, на которых проводится имитация ситуации при различных условиях, а затем осуществлялся анализ поведения отдельных объектов системы и состояния всей системы в целом. На основе выявления закономерностей в поведении участников принимаются соответствующие управленческие решения.

Продолжая анализ социально-культурной сферы, следует отметить, что для практически всех объектов этой сферы существует еще один уровень дескриптивности. Это связано с независимым выбором услуг самими потребителями. Действительно, если есть альтернативы по выбору платного образования, платного лечения, платного отдыха и т.д., то потребитель, оплачивающий услугу, принимает решение на основе исключительно собственного локального интереса, никак не согласующегося ни с интересами поставщиков услуг, ни с интересами других потребителей этих услуг.

Перейдем теперь непосредственно к нормативно-дескриптивным системам. Под нормативно-дескриптивной системой будем понимать систему, состоящую из ряда взаимосвязанных подсистем, часть которых является нормативными (управляемыми из центра), а остальные – дескриптивными (поведенческими, самоуправляемыми) [6].

В принципе любое предприятие можно с определенными допущениями рассматривать как нормативно-дескриптивную систему. В таком случае в качестве нормативной подсистемы будет выступать руководство предприятия, принимающее управленческие решения (ассортимент, цены, условия поставки, гарантии и т.д.). Цели (критерии) руководства предприятия представляют собой глобальный критерий системы, в качестве которого может выступать, например, максимизация прибыли или дохода от продажи продукции или услуг.

В качестве дескриптивной подсистемы может, например, выступать потребительский рынок – совокупность всех реальных и потенциальных потребителей продукции предприятия, каждый из которых имеет собственный локальный критерий полезности приобретения или использования данного вида товаров (услуг). Обе подсистемы тесно взаимосвязаны, причем, в определенном смысле имеет место подчиненность дескриптивной подсистемы нормативной: управленческие решения принимаются централизованно руководством предприятия, а потребители (покупатели, пользователи) лишь реагируют на эти решения.

Для управления подобными системами целесообразно использовать системный подход [7], который рассматривает все процессы и явления в виде определенных целостных систем, обладающих новыми качествами и функциями, не присущими составляющим ее элементам.

В настоящее время системный подход можно считать универсальной методологией менеджмента, суть которой – формирование образа мышления, рассматривающего в единстве все явления внешней и внутренней среды. Этот метод получил широкое распро-

странение в современной теории и практике менеджмента.

С позиций системного подхода поведение нормативно-дескриптивной системы может быть описано в терминах теории игр [8].

Допустим, что число объектов дескриптивной подсистемы равно N . Тогда любое управленческое решение центра и ответы на него всех объектов дескриптивной подсистемы (предприятий) можно представить математической игрой $N+1$ лиц с непротивоположными интересами.

Пусть центр (нормативная подсистема) – игрок 1, а каждый объект дескриптивной подсистемы – игрок с соответствующим номером от 2 до $N+1$. Игрок 1 делает ход (выбирает одно из возможных управленческих решений). Каждый из остальных игроков отвечает любым разрешенным ходом (принимает собственное решение с учетом решения центра) так, чтобы его собственный критерий (выигрыш) был бы максимален. После ответа всех игроков с номерами $(2, \dots, N+1)$ определяется цена игры (глобальный критерий) для первого игрока (центра).

Данная интерпретация представляется обоснованной для предприятий социально-культурной сферы. Например, в качестве игрока 1 может выступать вуз, а в качестве остальных игроков – совокупность абитуриентов.

В реальной деловой практике имеет место конкуренция между предприятиями, производящими аналогичную продукцию (оказывающими аналогичные услуги). В этом случае мы имеем дело с более сложной системой, учитывающей как специфику отдельных сегментов рынка, так и конкуренцию.

Система состоит из M нормативных подсистем (конкурирующие между собой предприятия), каждая из которых имеет собственный глобальный критерий (например, максимизация прибыли с учетом действий конкурентов и реакции рынка), и из N дескриптивных подсистем – потребителей рынка.

Игровая интерпретация здесь достаточно сложна, так как предприятия не обяза-

тельно выступают на рынке как антагонисты друг другу. Возможно определенное сотрудничество между конкурентами (например, в сфере пропаганды данного вида продукции), поэтому отношения предприятий между собой могут описываться игрой с ненулевой суммой (неантагонистической).

В условиях переходной экономики очень большое влияние на управленческие решения предприятий и выбор потребителей оказывает государство, осуществляющее регулирование рынка посредством различного рода законов, распоряжений и нормативных актов. Следует отметить, что в странах с переходной экономикой роль централизованного регулирования государством рыночных отношений достаточно велика и принятие центральной властью нормативных решений идет весьма интенсивно ввиду общего неустойчивого развития экономики страны. С учетом государственного влияния система становится трехуровневой [6].

Первый уровень (государство) регулирует рынок в соответствии с глобальными интересами страны или избранным политическим курсом. Второй уровень (предприятия) осуществляет деятельность исходя из собственных глобальных интересов с учетом нормативных актов государства. Третий уровень (потребители) оптимизирует собственные локальные критерии с учетом влияния государства и управленческих решений предприятий.

Применительно к социально-культурной сфере данные рассуждения весьма актуальны. Предприятия данной сферы контролируются государством в достаточной мере (большинство видов деятельности в этой сфере лицензировано, много различных жестких требований, в том числе и к качеству предоставляемых услуг). Более того, определенная часть услуг оказывается государственными предприятиями и учреждениями, управляемыми централизованно. Поэтому справедливо говорить о норматив-

ности. С другой стороны, сами потребители услуг социально-культурной сферы имеют определенную свободу выбора как между услугами государственных и негосударственных предприятий (обучение, лечение), так и в рамках совокупности негосударственных предприятий. Поэтому справедливо говорить о дескриптивности. Вся система функционирует в едином социально-экономическом пространстве, поэтому можно говорить о нормативно-дескриптивной системе в социально-культурной сфере.

В настоящее время открытые исследования управления нормативно-дескриптивными системами в экономике в России весьма ограничены. В этом аспекте представляется, что подобный подход к исследованиям в социально-культурной сфере будет достаточно актуальным.

Библиографический список

1. Морозова, Е.Я. Экономика и организация предприятий социально-культурной сферы: учебное пособие / Е.Я. Морозова, Э.Д. Тихонова. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002. – 312 с.
2. Каранец, С.М. Экономические отношения в социокультурной сфере / С.М. Каранец. – СПб.: ОЦЭ и М, 2005. – 168 с.
3. Наумова, С.А. Экономика и предпринимательство в социально-культурном сервисе и туризме: учебное пособие / С.А. Наумова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 126 с.
4. Аглицкий, И.С. Многоконтурное управление в социально-экономических системах / И.С. Аглицкий, В.В. Кузьмин // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – № 6. – С. 27–36.
5. Федеральный Закон «Об образовании» от 10.07.1992 г. № 3266-1.
6. Аглицкий, И.С. Проблемы управления нормативно-дескриптивными системами в условиях переходной экономики / И.С. Аглицкий, А.С. Дробышев, Л.Ф. Золотарева и др. – Дзержинский, ДМУП «Информационный центр», 2009. – 116 с.
7. Мескон, М.Х. Основы менеджмента: Пер. с англ. / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 2000. – 704 с.
8. Аглицкий, И.С. Информационные технологии в экономике: Новый российский опыт / И.С. Аглицкий. – МУПОЧ «Дубна», 2007. – 100 с.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

А.А. НОВИКОВ, ФГБУ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК),
И.Ю. РАДЧИЧ, ФГБУ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК),
М.К. УМАРОВ, доц. каф. физической культуры и спорта МГУЛ,
О.С. МОРОЗОВ, ФГБУ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК)

murad-u@mail.ru; moc69@mail.ru



Актуализируя методологическую направленность решения проблемы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов, мы опирались на постулат, выдвинутый У.Э. Эшби (1964), где основное положение теории сложных систем заключается в «нахождении путей их упрощения с последующим изучением отношений частного к целому в рамках всеобщности». Функциональная схема управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов, прежде всего, представляется нам с позиций сложнокоординационных видов спорта (спортивные единоборства, гимнастика, ак-

робатика и др.). При проведении дальнейших исследований мы приняли за основу подготовки высококвалифицированных борцов трехуровневую систему управления тренировочным процессом.

Системно-структурный подход позволил установить взаимосвязь между элементами системы и, на этой основе, осуществить разделение функций управления на трех уровнях (рисунок) [3].

Первый уровень – основной целеполагающий уровень системы, отображающий целевую деятельность спортсмена в условиях соревнований, направленную на достижение

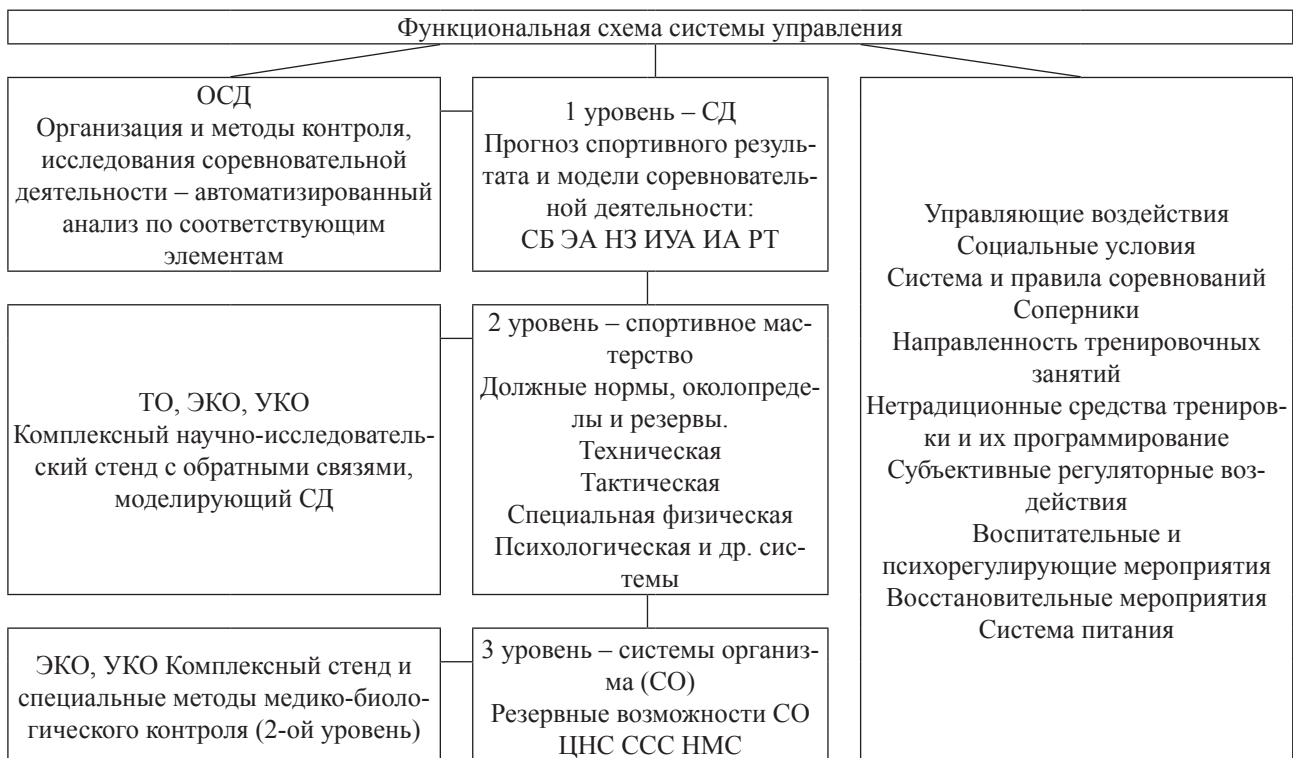


Рисунок. Функциональная схема системы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов



III Всероссийский турнир по вольной борьбе на призы Академии академика А.А. Новикова

планируемого результата. Основные элементы соревновательной деятельности следующие: эффективность атаки (ЭА), надежность защиты (НЗ), интервал атаки (ИА), разнообразие техники (РТ) и др.

В соответствии со спецификой групп видов спорта [1] и индивидуальных особенностей спортсменов состав этих элементов (Таблица) может быть усилен с позиций доминирующих влияний на спортивный результат. На первом уровне одновременно дается прогноз соревновательной деятельности (СД) спортсмена с учетом околорезультативных значений (сопоставление этих данных с лучшими результатами, которые имеют ведущие соперники).

Такой же подход должен быть применен и к анализу элементов каждого уровня (второго и третьего уровня).

Основным критерием планирования подготовки ВКС является контроль за взаимосвязями элементов межуровневых связей трехуровневой системы управления подго-

товкой спортсменов. Например, необходимо определить взаимосвязь НА с элементами второго уровня системы, т.е. биомеханической структурой технико-тактических действий, надежностью выполнения приема, оценкой эффективности способа тактической подготовки (своевременная подготовка для выполнения технического приема). А также оценить третий уровень деятельности ведущих мышечных групп при выполнении данного технического действия, уровнем психологического состояния спортсмена в период подготовки выполнения приема и других составляющих этого процесса. Одновременно соотнести показатели систем организма с эффективностью реализации технического приема. По межуровневым связям, по каждому элементу (НА, НЗ, ИА) необходимо также дать интегральную оценку и далее в целом с учетом всех элементов системы управления. В этом случае появляется возможность сравнивать подготовленность спортсменов, которые имеют индивидуальные особенности.

Данный системный анализ деятельности спортсмена на комплексном стенде позволит оценить преимущества мастерства спортсмена, сравнить с элементами СД, выявить недостатки и дать рекомендации по коррекции плана подготовки данного спортсмена.

Критерием оценки соревновательной деятельности спортсмена являются в основном элементы технико-тактического мастерства.

Второй уровень отражает систему моделей соревновательной деятельности основных сторон мастерства: техническую, тактическую, специальную физическую, психологическую и др.

При изучении технической подготовленности рассматривается их устойчивость при сбивающих действиях основных помех, из которых к внешним факторам относятся противодействие соперника, климат, временной пояс, судьи, зрители. К внутренним факторам относятся динамика состояния готовности спортсмена, функциональных систем его организма, эмоционального настроя, способность осуществить планируемые тактические установки соревновательного поединка и др.

Для решения перечисленных задач нами разработан комплексный научно-исследовательский стенд, отвечающий основным требованиям оценки соревновательной деятельности спортсменов. Он включает программы взаимодействия между спортсменами, элементы борьбы за захват, реализацию излюбленных технических действий и др. При этом регистрируются продолжительность отрыва в первой фазе броска, ускорения в основных точках технических систем, вариации характеристик выполнения приема в связи с защитой атакуемого, утомлением, изменением психического состояния борца, морфологии соперника и т.д.

При исследовании тактической подготовленности анализируются повторные атаки на основе имитации движений с помощью электромагнитного устройства манекена. Регистрируется время переключения и развиваемые при этом усилия, направленные вверх–

вниз, вперед–назад, влево–вправо и круговые движения. Анализ скоростно-силовой подготовленности производится на основе оценки времени нарастания усилий во время выполнения швунгов и технических действий на протяжении шести минут схватки. Специальная выносливость исследуется во время выполнения спортсменом программы шестиминутной схватки или в 4–6 схватках в турнире. Оценивается темп снижения всех характеристик, регистрируемых на стенде. Основные стороны мастерства определяются на основе результатов ЭКО – этапных комплексных обследований, УКО – углубленных комплексных и ТО – текущих обследований с использованием научно-исследовательских стендов с обратными связями, моделирующими соревновательную деятельность, и локальных стендов. Эти характеристики являются инструментом, реализующим соревновательную деятельность единоборца, то есть на втором уровне осуществляется оценка развития основных сторон мастерства на вариантах моделирования соревновательной деятельности и дается прогноз их дальнейшего развития (Таблица, рисунок).

Для глубокого познания взаимосвязей элементов мастерства комплексный научно-методический стенд моделирует основные блоки соревновательной деятельности спортсмена: частоту перехвата руками для создания выгодной конкретной динамической ситуации, швунги, также выводящие спортсмена на конкретные динамические ситуации, выполнение технических действий, устойчивость выполнения технических действий на защиту противника, утомление, изменение психического состояния, повторные атаки и т.д.

Спортсмен выполняет план соревновательной схватки с учетом основных сторон своего мастерства и индивидуальных особенностей. Поэтому очень важно найти взаимосвязь между элементами соревновательной деятельности, отражающими основные элементы мастерства первого уровня системы, с основными сторонами этого мастерства второго уровня, но уже на основе конкретных «излюбленных» технических действий, способ тактической подготовки борца, уровень

Показатели тренировочной и соревновательной деятельности в единоборствах

I уровень – соревновательная деятельность

| Техническое мастерство | | | | Тактическое мастерство | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Эффективность атакующих действий | Надежность защитных действий | Интервал атаки | Надежность выполнения приема в условиях помех | Распределение атак по периодам | Отношение времени спуртов 1, 2 и 3 периодов | Количество комбинаций за турнир |
| | | | | ИА 1 периода | | |
| | | | | ИА 2 периода | | |
| Скоростно-силовая подготовка | | Специальная выносливость | | Психическое состояние | | |
| Среднее время одного спурта в турнире | Количество силовых приемов (нокаутов) | Интервал оцененных атак | Интервал атаки (сумма времени попыток и оцененных атак) | Уровень эмоционального состояния | Проигранные баллы 1, 2, 3 периодов | Выигранные баллы 1, 2, 3 периодов |

II уровень – мастерство спортсмена

| Техническое мастерство | | | | | Тактическое мастерство | | | | | | |
|---|--|---|----------------------------|--|---|--|--|------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| Максимальные усилия в отрыве и подбиве приемов | | Уменьшение времени выполнения фаз ТД за 6 мин | | Педагогическая оценка (по 5-ти балльной шкале) | Устойчивость ТТД на основные помехи | Максимальные усилия и время выполнения ТД в 6 мин. тесте | | Время оценки удобной ситуации | | Комбинации ТД | |
| | | | | | | | | | | | |
| Скоростно-силовая подготовка | | | | | Специальная выносливость | | | | | | |
| Показатели скоростно-силовой подготовки в излюбленных приемах | | | | | Скоростно-силовая тренировка (t, кол-во атак) | Уровень эмоционального состояния (5 баллов) | | Проигранные баллы 1, 2, 3 периодов | | Выигранные баллы 1, 2, 3 периодов | |
| Психическое состояние | | | | | | | | | | | |
| Сейсмограммография | | | Психомоторное тестирование | | | Механизмы саморегуляции (управление агрессией) | | | Волевые показатели | | |

III уровень – функциональная подготовленность

| Нервно-мышечная система | | | | Центральная нервная система | | | |
|---|--|---|----------|-----------------------------|--------------|---|--|
| Основные мышечные группы | | Отношение произвольного сокращения мышц к вызванному | | Реакциометрия | Теппинг-тест | РДО | |
| | | Сила | Скорость | | | | |
| Сердечно-сосудистая система, дыхание, кровь | | | | | | | |
| Электрокардиография, ритмокардиография | | Артериальное давление до и после 5 мин стандартной нагрузки | | Ортопроба (сидя-стоя) | PWC 170 МПК | La ⁺ , H ⁺ , Гемоглобин, Мочевина | |

скоростно-силовых возможностей конкретных действий спортсмена и т.д.

Например, в условиях соревновательной деятельности определяются такие элементы, как средний балл и эффективность атаки. Эти элементы дают общую качественную и количественную характеристики тех-

нико-тактическое мастерство спортсмена. На втором же уровне необходимо дать расшифровку этих элементов (с помощью биомеханического анализа технических действий), которые спортсмен реализует в соревнованиях – тактической подготовки (также с выходом на конкретную динамическую ситуацию)

и наконец выполнение коронных технических действий при условии моделирования основных помех (защиты противника, утомления атакующего и изменения его психического состояния). Стенд создает условия спортсмену для реализации программ соревновательной деятельности с конкретным спортсменом, имеет регистрирующие устройства, моделирует целостный процесс деятельности спортсмена в соревновательных условиях. В то же время, могут быть варианты стенда, моделирующие отдельные элементы соревновательной деятельности. При этом необходимо иметь в виду их адекватность и эффективность в системе целостной соревновательной деятельности спортсмена в избранном им виде спорта. При разработке и эксплуатации стенда с учетом изложенных требований появляется возможность комплексного подхода к обследованию спортсменов специалистами, учеными всех необходимых в конкретных условиях специальностей: педагогов, медиков, биомехаников, психологов [2], инженеров и т.д. После обследований специалисты и ученые дают практические рекомендации спортсменам и тренерам по коррекции тренировочного процесса, восстановлению и лечению.

Стенд управляется с помощью компьютера, который реализует тренировочные программы и осуществляет регистрацию таких, например параметров, как:

- биомеханические характеристики приемов; захваты рук соперника (частота и усилия);
- среднее за схватку динамическое давление спортсмена на манекен; количество швунгов; работа за тренировку;
- устойчивость выполнения технических приемов при сбивающем воздействии основных помех соперника и т.д.

И завершающий третий уровень отражает состояние основных функциональных систем организма спортсмена. Он необходим для всестороннего анализа причинно-следственных взаимосвязей элементов движений на всех трех уровнях. Основные системы организма в большей или меньшей степени преимущественно обеспечивают развитие и реализацию соответствующих элементов

мастерства спортсмена. Например, элементы технического мастерства на уровне соревновательной деятельности характеризуются такими показателями, как средний балл и эффективность атаки, а на уровне спортивного мастерства (второй уровень), например, для броска прогибом – «угол отрыва», «импульс силы подбива» и т.д., а это, в свою очередь, обеспечивается такими основными системами организма, как центральная нервная, сердечно-сосудистая, дыхательная, регуляторная, системы, нервно-мышечный аппарат.

В результате выполнения спортсменом соревновательной и тренировочной деятельности происходит снижение устойчивости выполнения «излюбленных» технических действий в связи с нарушением тонких механизмов функционирования нервно-мышечного аппарата и центральной нервной системы. Поэтому на третьем уровне системы используется комплекс медико-биологических методов исследований и результаты этапных, и углубленных комплексных обследований, с помощью которых оцениваются резервные возможности основных систем организма борца, позволяющие прогнозировать их развитие и, соответственно, рост спортивного мастерства и результата.

Подготовка спортсменов производится с широким, комплексным использованием управляющих воздействий: с учетом социальных условий, особенностей действующих правил соревнований, специфики уровня подготовленности и антропометрических особенностей соперника, направленности тренировочных занятий, действенным применением восстановительных мероприятий, рационально организованной системой питания, широким применением эффективных нетрадиционных средств тренировки, умелым использованием воспитательных и психорегулирующих мероприятий и др.

Трехуровневая система управления подготовкой спортсменов высокого класса требует постоянной строгой организации и контроля получаемой информации по всем характеристикам каждого уровня, учета взаимосвязей между ними для определения слабых звеньев в элементах системы и подбора

комплексных средств для исправления недостатков или усиления ведущих элементов в соревновательной деятельности. Таким образом, при постоянном сопоставлении характеристик текущего состояния с прогнозируемым (модельным) и в результате применения целенаправленных средств тренировки обеспечивается постоянная коррекция тренировочного процесса на новом витке трехуровневой системы управления.

Одним из центральных понятий кибернетики является информация. Оно тесно связано с понятием «управление». Под управлением в кибернетике понимают перевод системы в новое состояние путем воздействия на ее переменные. Любой процесс управления – это процесс обмена информацией между системами (двумя спортсменами), поэтому оно должно характеризоваться количественной мерой, а именно – уменьшением меры неуправляемой системы. Представленная выше функциональная схема иллюстрирует потоки информации, направленные на сопоставление текущего состояния спортсмена по всем трем уровням, и прогнозируемого. Рассогласование этих показателей диктует подбор упражнений и их дозировку на ведущие элементы системы. При необходимости ежедневный контроль на стенде, моделирующем соревновательную деятельность, позволяет непрерывно корректировать процесс роста мастерства спортсмена и его выхода на прогнозируемые результаты. Последовательность подбора средств и их коррекция обеспечивают постоянный рост мастерства спортсменов и соответственно спортивного результата.

Выводы

1. Целесообразность применения спортивных единоборств в качестве модели для изучения проблемы управления сложными движениями, характеризующимися вариативными условиями деятельности спортсмена, подтвердилась в процессе теоретических и экспериментальных исследований, а также тем, что в спортивных единоборствах победа над соперником, в абсолютном большинстве случаев и в других видах спорта, достигается

посредством выполнения технико-тактических действий.

2. Основываясь на ведущих положениях трехуровневой системы управления, необходимо продолжить исследования, связанные с выявлением внутрисистемных закономерностей и связей ее элементов с учетом особенностей вида спорта, и, что особенно важно, индивидуальными особенностями спортсменов, а также определить околопредельные показатели как по вертикали, так и по каждому показателю соревновательной деятельности (по горизонтали). Например, как надежность атаки (НА) связана с элементами мастерства спортсмена и основными системами организма.

3. Обследование спортсменов должно проходить на модели СД, т.е. на стендах, моделирующих соревновательную деятельность, чтобы обследование спортсмена проводилась с учетом специфики вида спорта.

4. Анализ СД позволяет определить околопредельные показатели по каждому ее элементу. Так предельный показатель технического мастерства, например по правилам соревнований в спортивной борьбе, оценивается 6 баллами преимущества (или тушше). Соответственно спортсмен, получивший 3 балла, то есть 50 % от предельной оценки за эффективность атаки, выполнил 50 % от околопредельного результата. При этом необходимо учитывать, в каком периоде, на какой минуте атакующий получил преимущество. Кроме того, по элементам соревновательной деятельности необходимо оценить динамику компенсаторных механизмов организма спортсмена, в том числе резерв в соревновательный период его деятельности. Анализ элементов техники движений важен для подготовки спортсмена к соревновательной деятельности.

5. Исследование устойчивости выполнения сложных технико-тактических действий к сбивающему воздействию различных помех в схватке показало, что в соревновательных условиях спортивной борьбы успешному осуществлению технических приемов препятствуют различные эндогенные и экзогенные факторы. Устойчивость выполнения сложных технико-тактических действий к сбивающе-

му влиянию этих факторов тесно связана со спортивной квалификацией единоборцев. Насколько спортсмен умеет преодолевать их, во многом зависит от его мастерства.

6. Для решения различных исследовательских и практических задач спортивной подготовки нами были разработаны специализированные методы. Алгоритм функционирования системы управления движениями включает две стадии: принятия тактического решения и его техническую реализацию. Реализация принятого решения осуществляется путем изменений в характеристиках движений управляющей и управляемой систем. Установлено, что выбор способа реализации двигательной задачи находится в непосредственной зависимости от скорости оценки и характера сбивающих воздействий.

При быстро меняющихся стартовых динамических ситуациях главное для спортсмена высокого класса – умение создавать выгодные для себя условия и выбирать момент для точного выполнения приема. Большая вариативность допустима лишь в предварительно выполняемых подготовительных (тактических) действиях, тогда как основной, завершающий прием должен проводиться с возможно большей точностью.

7. Показано, что при многократном выполнении одинаковых спортивных упражнений одним и тем же атлетом количество вариантов двигательных действий в каждой части движения (а, следовательно, и разброс параметров, характеризующих эти движения) значительно изменяется.

В процессе выполнения технических действий, при переходе к основной части упражнения, количество вариантов уменьшается, а в основной части диапазон вариаций значительно сужается, обеспечивая точное, без существенных отклонений, выполнение оптимального варианта приема. В основной части приема действия должны быть особенно точны – даже небольшое отклонение от избранного наилучшего варианта выполнения движения может значительно снизить его результат.

В заключительной части движений диапазон вариаций зависит от особенностей выполняемых упражнений. В атакующих приемах в единоборствах, заканчивающихся нокаутом (в боксе и в других ударных единоборствах), или при фиксации соперника на лопатки (в спортивной борьбе) никаких вариантов в заключительной части упражнения не допускается. Если в спортивной борьбе атака не заканчивается фиксацией на лопатки, то атакующий борец имеет в заключительной части приема несколько вариантов завершения технико-тактических действий, выполнение которых оценивается судьями. Очевидно, что он стремится выбрать сильнейший вариант, который даст ему наибольшее количество баллов. Во многих спортивных упражнениях (в гимнастике, акробатике, прыжках в воду и др.) необходимо, с одной стороны, завершить изучаемое движение наилучшим образом (например без потери равновесия), а с другой стороны, перейти к выполнению следующего движения. Таким образом, широкий диапазон вариаций двигательных действий в заключительной части таких движений свидетельствует о гибкой тактике спортсмена, о его высокой спортивной квалификации.

Библиографический список

1. Бернштейн, Н.А. О построении движений / Н.А. Бернштейн. – М.: Медгиз, 1946. – 289 с.
2. Морозов, О.С. Общие принципы управления сложно-динамическими системами в конфликтной ситуации / О.С. Морозов // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 2. – С. 15–17.
3. Новиков, А.А. Основы спортивного мастерства / А.А. Новиков: монография. – М.: ВНИИФК, 2003. – 208 с.
4. Новиков, А.А., Ишков, А.В. Билатеральное тестирование и последовательная тренировка нейрофизиологических механизмов управления мышцами сгибателями и разгибателями в целях определения функционального состояния полушарий мозга в режиме двигательной соревновательной деятельности «Свидетельство об официальной регистрации программы № 2006613484, зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 06.10.2006г.

Голубев А.В., Мозолевская Е.Г., Шарапа Т.В. ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ САНИТАРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.

Работа посвящена анализу и оптимизации практики принятия решений о целесообразности санитарно-оздоровительных мероприятий на альтернативной основе. В основе решения должны лежать эколого-экономические принципы, позволяющие оценить влияние мероприятий на окружающую среду и их побочные последствия. Предлагается учитывать стоимость древесины, возможные последствия пожаров, плотность стволовых вредителей, повреждение деревьев и повреждение или гибель подроста при санитарных рубках и затраты на проведение мероприятий. Рассматривается каждый из названных параметров и делается вывод о необходимости количественного анализа альтернативных вариантов.

Ключевые слова: санитарные мероприятия, принятие решений, альтернативные варианты.

Golubev A.V., Mozolevskaya E.G., Sharapa T.V. DECISION-MAKING PRACTICE OF THE EXPEDIENCY OF SANITARY ACTIVITIES.

The paper is considered with analysis and optimization of decision-making practice of the expediency of sanitary activities on the alternative basis. The decision is to include ecological-economic principles that allow evaluating the influence on the environment and possible side-effects. Prices for wood, possible after-effect of fires, density of timber pests, damages to undergrowth or its mortality during sanitary cutting and costs related to these activities are suggested to be taking into account. Each of these parameters is considered in the paper and the conclusion on the need for quantitative analysis of alternative choice is made.

Key words: sanitary activities, decision-making, alternative choice.

Чернышенко О.В. ПЫЛЕФИЛЬТРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ.

Рассмотрена пылефильтрующая способность городских насаждений и критерии ее оценки. Отмечено, что большое значение имеют морфологические особенности и физиологическое состояние листа. Предложен ассортимент древесных растений с повышенной пылефильтрующей способностью. Показано, что среднеустойчивые виды в условиях Москвы обладают максимальной способностью по сравнению с другими видами.

Ключевые слова: городские насаждения, пылефильтрующая способность, устойчивость, ассортимент древесных растений.

Chernyshenko O.V. THE DUST FILTER TREES CAPABILITY.

The dust filter capability of green plantations and the criteria of their estimates have been considered. It has been pointed out that morphology characteristics and physiology condition of leaves are of great importance. The trees assortment with the advance dust filter capability was offered. As a result of our research we have come to a conclusion that middling steadfast species have maximal capability in Moscow in comparison with others.

Key words: green plantations, the dust filter capability, stability, the trees assortment.

Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Чернышенко О.В., Зайцева М.И. ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРГИНИНОВОГО ИММУНОСТИМУЛЯТОРА.

Рассмотрены потенциальные источники хвои, обогащенной L-аргинином, их доступность, объемы. В молодняке сосны обыкновенной естественного возобновления, сформировавшемся на расчищенной трассе ЛЭП, проведены эксперименты по разработке схемы внесения удобрений и сроков заготовки растительного сырья. Показано, что позднелетнее внесение удобрений допустимо для стимулирования накопления L-аргинина в хвое сосны обыкновенной.

Ключевые слова: древесная зелень; аминокислоты, L-аргинин; иммуностимулятор, сосна обыкновенная; минеральное питание; трассы ЛЭП;

Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Chernyshenko O.V., Zaitseva M.I. SOURCES OF FOLIAGE FOR ARGININE IMMUNOSTIMULANT MANUFACTURING.

Potential sources of L-arginine-rich needles, their availability and amounts are considered. Experiments for drawing up the fertilizer application and plant material harvesting plan were carried out in a young Scots pine stand naturally regenerated in a powerline corridor. We prove that late summer application of fertilizers is acceptable for enhancing L-arginine storage in Scots pine needles.

Key words: foliage; amino acids; L-arginine; immunostimulant; Scots pine; mineral nutrition; powerline corridors.

Мозолевская Е.Г., Липаткин В.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УСЫХАЮЩИХ ЕЛЬНИКОВ В ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОМ БИОСФЕРНОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ В 2011 г.

Рассматриваются результаты обследования очага короеда типографа (*Ips typographus*) в усыхающем ельнике в Приокско-Тerrasном биосферном государственном заповеднике в 2011 г. Приводится характеристика состояния насаждений, их заселенность типографом, диаметры деревьев разных категорий состояния, основные популяционные показатели короеда и оценка их значений. Наблюдаемое явление характерно для еловых лесов Московской обл. и некоторых других областей Центральной России. Для старовозрастных ельников этот процесс следует расценивать как закономерную смену поколений. Предлагаются мониторинг состояния еловых лесов и наблюдения за ходом естественного возобновления ели и сопутствующих ей пород в поврежденных типографом насаждениях.

Ключевые слова: ельники, короед типограф, очаг типографа, заповедник.

Mozolevskaya E.G., Lipatkin V.A. RESULTS OF FOREST PATHOLOGY RESEARCH IN DIE-OFF SPRUCE FORESTS OF PRIOKSKO-TERRASNY STATE BIOSPHERE RESERVE IN 2011.

The article deals with the results of the survey over eight-toothed bark beetle center in die-off spruce forest of Prioksko-Terrasny state biosphere reserve in 2011. Stand conditions, bark beetle population, trees diameter of different condition categories, main bark beetle population parameters and their evaluation are considered. Such phenomenon is a feature of spruce forests in the Moscow region (and in some other regions of the Central Russia). This process should be regarded as typical succession in the old spruce forest. It is suggested to monitor spruce forests conditions and spruce natural regeneration (as well as species related to spruce) in the stands damaged by the bark beetle.

Key words: spruce forest, eight-toothed bark beetle, eight-toothed bark beetle center, reserve.

Брынцев В.А., Дроздов И.И., Храмова О.Ю., Храмова М.И. ЛЕСОСЕМЕННОЯ БАЗА ДЛЯ ИНТРОДУКЦИОННЫХ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО.

В статье рассмотрены и экспериментально подтверждены возможности организации постоянной лесосеменной базы кедра сибирского в условиях интродукции.

Ключевые слова: интродукция, сосна кедровая сибирская, насаждения.

Bryntsev V.A., Drozdov I.I., Hramova O.U., Hramova M.I. SEED BASE FOR INTRODUKTSIONNYKH OF CULTURES OF THE CEDAR SIBERIAN.

In article possibilities of the organization of constant seed base of a cedar Siberian in the conditions of an introduction are considered and experimentally confirmed.

Key words: introduction, pine cedar Siberian, plantations.

Овсянникова Н.В., Феклистов П.А., Волкова Н.В., Мочалов Б.А., Мелехов В.И., Дроздов И.И. ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО РЕЖИМА ХВОИ ЕЛИ В ЧЕРНИЧНОМ ТИПЕ ЛЕСА.

Статья посвящена изучению влажности и водного дефицита хвои ели обыкновенной в северной подзоне тайги. Приведены данные о влиянии возраста хвои и температуры воздуха на показатели водного дефицита и влажности хвои.

Ключевые слова: влажность хвои, водный дефицит хвои, хвоя текущего года, хвоя однолетняя.

Ovsyannikova N.V., Feklistov P.A., Volkova N.V., Mochalov B.A., Melekhov V.I., Drozdov I.I. THE DATA OF WATER REGIME OF NEEDLES OF SPRUCE IN THE WHORTLE-BERRY FOREST.

The article is devoted to the study of moisture and water deficit of needles of spruce in the northern taiga subzone. The data on the effect of age of needles and air temperature on parameters of water deficit and moisture of the needles.

Key words: moisture of the needles, water deficit of needles, the needles of the current year, one-year needles.

Нечаев А.А. ВИДОВОЙ СОСТАВ, РЕСУРСЫ И ОСВОЕНИЕ ДИКORAСТУЩИХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.

В статье приведены данные по видовому составу, ресурсам и освоению дикорастущих ягодных растений российского Дальнего Востока. Представлены краткая характеристика систематического состава, классификация плодов, жизненные формы ягодных растений и распространение на территории субъектов Российской Федерации.

Ключевые слова: дикорастущие ягодные растения, классификация плодов, жизненные формы, ресурсы, освоение.

Nechaev A.A. SPECIES COMPOSITION, RESOURCES AND RECLAMATION OF WILD BERRY PLANTS OF THE RUSSIAN FAR EAST.

The article shows the data on the species composition, resources and reclamation of wild berry plants of the Russian Far East. It gives a short review of the systematic composition, fruit classification, life forms and distribution of berry plants.

Key words: wild berry plants, fruit classification, life forms, resources, reclamation.

Беляева Н.В., Грязькин А.В., Кази И.А. ВЛИЯНИЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК НА РАЗВИТИЕ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ.

В статье анализируются структурные изменения и видовой состав нижних ярусов растительности в древостоях, пройденных выборочными рубками. Полученные данные дают возможность выявить закономерности в реакции лесной экосистемы на рубки леса, облегчая тем самым их регламентацию с учетом породы и типа леса. Отмечается, что выборочные рубки ускоряют восстановительные реакции в лесных экосистемах. Ослабляя конкуренцию и повышая актуальное плодородие почв, они создают благоприятные условия для развития нижних ярусов растительности лесного фитоценоза (живого напочвенного покрова и подроста). В результате расширяется спектр видового разнообразия и усложняется структура нижних ярусов растительности. Структурные изменения в живом напочвенном покрове и подросте направлены на усиление почвозащитных и ресурсосберегающих функций, и, вместе с тем, они являются естественным следствием ускорения сукцессии. Особое внимание в работе уделяется исследованию влияния выборочных рубок на естественное возобновление ели. Установлено, что количество подроста ели определяется аккуратностью проведения рубок, сомкнутостью полога материнского древостоя, структурой живого напочвенного покрова. Вид рубки не оказывает решающего влияния на состояние подроста.

Ключевые слова: лесной фитоценоз, живой напочвенный покров, структура, несплошные рубки, равномерно-постепенные рубки, добровольно-выборочные рубки, биокруговорот, естественное лесовозобновление, подрост ели, численность и встречаемость подроста

Beliaeva N.V., Gryazkin A.V., Kasi I.A. THE INFLUENCE OF SELECTION CUTTING ON VEGETATION LOW TIERS DEVELOPMENT.

In the article structural changing and species composition of vegetation lower tiers in forests stands after selective cuttings of different intensities are analyzed. The results show regularities of forest ecosystem reaction on forest cuttings, that make its regulation easier with taking into consideration forest species and types. It is mentioned that selection cuttings speed up restoration reactions in forest ecosystems. They make favorable conditions for vegetation lower tiers (alive soil cover, undergrowth, brushwood) development by weakening competition and increasing actual soil fertility. As the result species diversity spectrum expands and vegetation lower tiers structure becomes more complicated. Structural changing in alive soil cover, undergrowth

and brushwood are directed to soil-protective and resource-saving functions, they are natural consequence of succession speeding up. In the paper special attention is paid to selective influence on natural reforestation of spruce. The quantity of spruce undergrowth depends on cutting accuracy, forest stand shelter density, structure of alive soil cover. The type of cutting does not have decisive influence on undergrowth state.

Key words: forest phytocenosis, natural soil covering, structure, selection cutting, even– gradual cutting, voluntary-selection cutting, biocycle, natural reforestation, spruce undergrowth, undergrowth size and popularity

Сабо Е.Д., Кормилицына О.В., Бондаренко В.В. ВИДЫ И ДИНАМИКА УПЛОТНЕНИЯ И РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ НА ВЫРУБКАХ.

В статье рассматриваются виды и динамика уплотнения и разуплотнения почв на вырубках при механизированной заготовке леса. Предложено трехпараметрическое интегральное уравнение, описывающее весь процесс изменения плотности почвы.

Ключевые слова: почва, вырубка, уплотнение, разуплотнение.

Sabo E.D., Kormilitsina O.V., Bondarenko V.V. TYPES AND DYNAMICS OF INCREASE AND DECREASE OF SOILS DENSITY ON FELLING.

In this article types and dynamics of soil puddling and soil loosening on felling at the mechanized preparation of the wood are considered. The three-parametrical integrated equation describing all process of change of density of the soil is suggested.

Key words: soil, felling, soil compaction, soil loosening.

Винокуров В.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНАШИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

В статье приведены результаты определения изнашивающей способности почв. Предложена классификация почв по изнашивающей способности.

Ключевые слова: почва, каменистые включения, изнашивающая способность, лемехи плугов.

Vinocurov V.N. DEFINITION OF WEARING OUT CAPACITY SOILS OF RUSSIAN FEDERATION.

The article discusses results determination of wearing out capacity soils. Propose out classification of the soil wearing out capacity soils.

Key words: wearing out capacity, soil, stony inclusions, ploughshare.

Винокуров В.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ПОЧВ КАМЕНИСТЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ И ВЛИЯНИЕ ИХ НА ПОЛОМКИ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ.

В статье дано описание экспериментов по определению в почве каменистых включений и влиянию их на поломки плужных лемехов.

Ключевые слова: почва, каменистые включения, поломки, лемехи плугов.

Vinocurov V.N. INVESTIGATION OF BLOCKING SOIL STONY INCLUSION AND INFLUENCE BREAKING OF PLOUGHSHARE.

The description of experiments connected in the soil of stony inclusion and influence breaking of ploughshare.

Key words: soil, stony inclusion, breaking, ploughshare.

Редькин А.К., Макаренко А.В. ОСОБЕННОСТИ ОТСЧЕТА МОДЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН.

В статье представлен анализ способов построения имитационных моделей по особым моментам времени, с пошаговым отсчетом времени и с применением принципов сетей Петри. Разработан двудольные граф сети Петри для описания функционирования лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: имитационное моделирование, особые состояния, сеть Петри, технологическая операция, объект.

Redkin A.K., Makarenko A.V. COUNTDOWN THE TIME FOR SIMULATION OF WORK FOREST MACHINES.

The paper presents an analysis of ways to build simulation models for a particular point in time, step-counting time and applying the principles of Petri nets. Designed bipartite graph of Petri nets to describe the functioning of forest machines.

Key words: simulation, special conditions, Petri nets, process operation, the object.

Кольниченко Г.И., Сиротов А.В., Тарлаков Я.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ С БИОДОБАВКАМИ.

В статье излагается сущность малой распределенной энергетики (МРЭ), реализация которой имеет цель перевести современную электроэнергетику на качественно новый уровень. Рассмотрены также результаты экспериментального исследования в МГУ леса характеристик объекта МРЭ – дизель-генератора, работающего на дизельном топливе с добавками рапсового масла.

Ключевые слова: биотопливо, биотехнологии, малая распределенная энергетика.

Kolnichenko G.I., Sirotoy A.V., Tarlakov Y.V. EXPERIMENTAL RESEARCH ON DIESEL GENERATOR CHARACTERISTICS WORKING ON DIESEL FUEL WITH BIO ADDITIVES.

The article studies the essence of minor distributed energetic (MDE), the aim of which is to increase the quality of modern electroenergetics. The article also examines the results of experimental research taken in MSFU about characteristics of a diesel generator – an object of MDE – working on diesel fuel with rape oil.

Key words: biofuel, biotechnologies, minor distributed energetic (MDE).

Быков В.В., Ерхова К.И. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА.

Разработаны основные направления повышения эффективности входного контроля, а также влияние его на долговечность и надежность транспортных и технологических машин ЛПК.

Ключевые слова: входной контроль, качество, запасные части.

Bykov V.V., Erkhova K.I. ENTRANCE CONTROL IN TECHNOLOGICAL PREPARATION OF THE ENTERPRISES OF TECHNICAL SERVICE.

The basic directions are developed of increase of efficiency of entrance control, and also its influence on durability and reliability of transport and technological cars Forest Industry.

Key words: entrance control, quality, spare parts.

Быков В.В., Цыпцын Е.А., Носихин А.С. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ОБКАТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОИЗНОСНОГО АНТИФРИКЦИОННОГО РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА.

В статье исследована проблема повышения ресурса и качества ремонта дизелей. Одним из путей повышения качества ремонта дизелей является проведение качественной обкатки как завершающей технологической операции ремонта дизелей. От качества приработки деталей в период обкатки зависит во многом срок службы деталей дизеля и его межремонтный ресурс. Обосновано применение противоизносного антифрикционного состава в прирабочном масле во время обкатки дизелей. Получены результаты стендовых испытаний дизелей Д180 на прирабочном масле с противоизносным антифрикционным составом. Установлено, что при использовании прирабочного масла с ПИАФ составом стабилизация момента механических потерь на трение происходит за 20 мин приработки, а на масле М-10ДМ более чем за 35 мин. Обкатка дизелей Д-180.111-4 на масле М-10ДМ с ПИАФ составом позволяет сократить время заводской обкатки в 1,83 раза.

Ключевые слова: дизель, антифрикционный состав, качество.

Bykova V.V., Tsyptsyn E.A., Nosikhin A.S. QUALITY IMPROVEMENT EXTRA EARNINGS OF DETAILS OF DIESEL ENGINES DURING THE RUNNING IN WITH APPLICATION OF ANTIWEAR ANTIFRICTIONAL REPAIR AND REGENERATIVE STRUCTURE.

In article the problem of increase of a resource and quality of repair of diesel engines is investigated. One of ways of improvement of quality of repair of diesel engines is carrying out of a qualitative running in, as finishing technological operation of repair of diesel engines. Service life of details of a diesel engine and its between-repairs resource depends on quality extra earnings of details in a running in in many respects. Application of antiwear antifrictional structure in running oil is proved during a running in of diesel engines. Results of bench tests of diesel engines D180 on running oil with antiwear antifrictional structure are received. It is established that at use running oils with antiwear antifrictional structure stabilization of the moment of mechanical losses on a friction occurs for 20 mines extra earnings, and on oil M-10DM more than for 35 minutes the Running in of diesel engines D-180.111-4 on oil M-10DM with antiwear antifrictional structure allows to reduce time of a factory running in in 1,83 times.

Key words: diesel, antifrictional structure, quality.

Лощенов П.Ю. СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.

В статье представлен способ диагностирования рукавов высокого давления, который дает представление о текущем техническом состоянии и остаточном ресурсе рукава высокого давления.

Ключевые слова: давление, запорный клапан, диагностика, стенд по диагностированию рукавов высокого давления, рукав высокого давления.

Loshenov P.Y. WAY OF DIAGNOSING OF A HIGH PRESSURE.

The way of diagnosing of sleeves of high pressure is given in this article. It gives the understanding of a current technical condition a residual resource of the sleeve of high pressure.

Key words: the Pressure, the special valve, diagnostics, the stand for diagnosing of a high pressure, a high pressure sleeve.

Суханов В.С. О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.

Стратегия развития лесного комплекса России на период до 2020 года, утвержденная Приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 31 октября 2008 г. № 248/482, предусматривает инерционный и инновационный сценарии развития. Инерционный сценарий предусматривает приоритет развития лесопиления и древесно-плитной промышленности. Инновационный – развитие целлюлозно-бумажной промышленности. Практика показывает, что развитие лесопромышленного комплекса в настоящее время идет по инерционному сценарию. В статье приводятся предложения по корректировке Стратегии. Основные положения предложений сводятся к приоритетному развитию лесозаготовительной промышленности, ее реструктуризации и модернизации с целью снижения затрат на древесное сырье и повышения за счет этого конкурентоспособности продукции всех деревообрабатывающих производств.

Ключевые слова: лесной комплекс, лесопромышленный комплекс, стратегия развития, лесозаготовительная промышленность, глубокая переработка древесины.

Sychanov V.S. ON THE STRATEGY OF RUSSIAN FORESTRY COMPLEX.

Forestry Development Strategy of Russia until 2020, approved by Order of Industry and Trade of Russia and the Russian Ministry of Agriculture on October 31, 2008 № 248/482, provides for the inertial and innovative scenarios. The inertial scenario envisages priority to the development of lumber and wood-based panels industry. Innovation – the development of pulp and paper industry. Practice shows that the development of timber industry complex is currently being on inertia scenario. This article provides suggestions for adjusting the strategy. The main provisions of the proposals are reduced to the priority development of the logging industry and its restructuring and modernization in order to reduce the cost of wood raw material and increase the expense of the competitiveness of wood processing industries.

Key words: forest complex, timber industry, strategy development, logging industry, deep processing of timber.

Обливин А.Н., Быковский М.А., Редькин А.К., Камусин А.А. ЛЕСОИНЖЕНЕР: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ.

Статья посвящена проблематике и становлению специальности Лесоинженерное дело, от момента зарождения более 90 лет назад до сегодняшних дней. Постановка задач на перспективу и развитие данной уникальной специальности.

Ключевые слова: Лесоинженерное дело, история специальности.

Oblivin A.N., Bykovskiy M.A. Redkin A.K., Kamusin A.A. FOREST ENGINEER: PAST, PRESENT AND FUTURE.

The article is about and the establishment of Forest Engineer specialty, from its inception more than 90 years ago to the present day. Setting targets for the future and the development of this unique specialty.

Key words: Forest Engineer, the history of the specialty.

Рыкунин С.Н., Владимирова Е.Г. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА КОРОТКИХ ЗАГОТОВОК ИЗ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.

В работе описывается метод определения выхода коротких заготовок из пиломатериалов. Описываемый метод включает следующие этапы: построение графика распределения бездефектных участков на пиломатериалах для случая, когда их количество по длинам распределено равномерно; построение фактического распределения бездефектных участков по длинам с использованием экспериментальной средней длины бездефектных участков; определение выхода коротких заготовок по размерам длины; выполнение расчета общего выхода заготовок.

Ключевые слова: пиломатериалы, основная заготовка, короткие заготовки, бездефектные участки, средняя длина, выход заготовок.

Rikynin S.N., Vladimirova E.G. METHOD OF DETERMINING THE YIELD OF SHORT WORKPIECES FROM SAWN TIMBER.

The paper describes a method for determining the yield of short workpieces from sawn timber. The described calculation involves the following steps: the construction of a graph of the distribution of defect-free regions on the timber, using the experimental average length of a defect-free regions; the construction of the actual distribution of defect-free regions on lengths; the definition of the yield of short workpieces, according the size of the length; the calculation of the total yield of the workpieces.

Key words: timber, the main workpiece, workpieces, defect-free regions, the average length, yield of the workpieces.

Рыкунин С.Н., Владимирова Е.Г. СОРТИРОВАНИЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ГРУППЫ КАЧЕСТВА.

В работе описывается подходы к оценке качества пиломатериалов. Подробно рассматриваются такие критерии оценки качества, как суммарная длина бездефектных участков на пласти доски и объемный выход основной заготовки. Также приводится новый метод по определению выхода коротких заготовок. Делается вывод, что при разделении пиломатериалов на группы по суммарной длине бездефектных участков часть пиломатериалов в группах будет иметь выход основной заготовки меньше расчетной, а другая часть – больше расчетной. При сортировке пиломатериалов по количеству основных заготовок, получаемых из одной доски, связь практически функциональная, что приведет к увеличению фактического объемного выхода основных заготовок по сравнению с расчетным.

Ключевые слова: пиломатериалы, основная заготовка, короткие заготовки, бездефектные участки, средняя длина, выход заготовок, сортирование, группы качества.

Rikynin S.N., Vladimirova E.G. SAWN TIMBER GRADING ON QUALITY GROUPS.

The paper describes approaches to quality evaluation of sawn timber. Such criteria's of quality evaluation, as the total length of defect-free regions on timber and volume yield of the main piece, described in details. It also provides a new method of determination of the yield of short pieces. It is concluded that

the separation of sawn timber into groups using a total length of the defect-free regions in the groups will have a less yield of the main workpiece than the calculated, and the other part is greater than the calculated one. When we use timber grading by the number of major workpieces, that are derived from a single board, the relationship is almost functional, and that is leading to an increase in actual volume yield of the main workpieces in comparison with the calculated ones.

Key words: sawn timber, the main workpiece, short workpieces, defect-free regions, the average length, yield of the workpieces, grading, quality groups.

Санаев В.Г., Рыбин Б.М., Запруднов В.И. ОПИСАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ И МИКРОРАЗРУШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ.

Рассмотрен механизм разрушения защитно-декоративных покрытий на древесине. Используя теорию волнового возмущения и распространения деформаций, описаны реологические процессы, происходящие в адгезионных системах полимер–древесина.

Ключевые слова: древесина, полимер, адгезия, защитно-декоративное покрытие, реологические процессы.

Sanaev V.G., Rybin B.M., Zaprudnov V.I. THE DESCRIPTION OF STRAINS AND MICRODESTRUCTION IN THE CONDITIONS OF ELASTIC-VISCOUS-PLASTIC ENVIRONMENT.

The process of destroying the protective-decorative coating is considered. Rheological processes which take place in adhesion systems polymer-wood are described using the theory of wave disturbance and strain diffusion.

Key words: wood, polymer, adhesion, protective-decorative coating, rheological processes.

Скуратов Н.В., Протасова А.В. АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.

Описаны реальные проблемы, с которыми часто приходится сталкиваться на практике при определении показателей качества сушки пиломатериалов.

Ключевые слова: сушка пиломатериалов, качество сушки, дефекты сушки.

Skuratov N.V., Protasova A.V. ANALYSIS OF METHODS OF ASSESMENT OF TIMBER DRYING QUALITY.

Real problems which frequently meet in practice at measurements of timber drying quality parameters are described.

Key words: timber drying, drying quality, drying defects.

Косарин А.А., Расев А.И. О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ СУШКЕ

При импульсной сушке пиломатериалов возможно с достаточной для производства точностью в диапазоне от 6 до 11 % определить конечную влажность древесных сортиментов в камере. Графически показана зависимость текущей влажности древесины от равновесной влажности на основе опытных данных.

Ключевые слова: сушка пиломатериалов, импульсная сушка, равновесная влажность, влажность древесины

Kosarin A.A., Rasev A.I. THE WAY TO DEFINE THE FINAL WATER CONTENT OF THE WOOD WHILE IMPULSE DRYING.

It is possible to define the final water content of the wooden assortment in the camera while impulse drying with enough accuracy (in a range of 6 to 11%) for the manufacturing. The functional connection between the current humidity of the wood and the equilibrium moisture content on the ground of some tests is shown on a graph.

Key words: converted timber drying, impulse drying, equilibrium moisture content, wood humidity.

Семенов Ю.П., Ермоченков М.Г., Кувик Т.Е. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦВЕТА ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ.

Представлен метод прогнозирования цвета термомодифицированной древесины. Даны кинетические параметры термической деструкции березы и сосны. Предложены функциональные зависимости цвета термомодифицированной древесины от степени термической деструкции.

Ключевые слова: кинетика термической деструкции, термическое модифицирование древесины, степень термической деструкции.

Semenov Y.P., Ermochenkova M.G., Kuvik T.E. FORECASTING OF THERMALLY MODIFIED WOOD COLOR.

The method of forecasting of thermally modified wood color is presented. Kinetic parameters thermal decomposition birches and pines are given. Functional dependences of thermally modified wood color from a degree thermal decomposition are offered.

Key words: kinetic parameters thermal decomposition, thermal modifying of wood, a degree thermal decomposition.

Рыбин Б.М., Санаев В.Г., Кириллов Д.В. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Разработаны проекты стандартов на параметры шероховатости и методы их определения. Для контроля шероховатости поверхности древесины и древесных материалов предложены следующие параметры: Rm_{max} , Rm , Rz , Ra , Sm , Rp , Rk , Rv . Применение перечисленных параметров шероховатости позволит контролировать высоту и шаг неровностей поверхностей, полученных после механической обработки и анатомические неровности. Приведены предельные значения параметров шероховатости поверхности для различных материалов и способов обработки.

Ключевые слова: оценка качества, параметры шероховатости поверхности, анатомические неровности.

Rybin B.M., Sanaev V.G., Kirillov D.V. STANDARDIZATION OF WOODS AND WOOD MATERIALS ROUGHNESS.

Projects of standards on roughness parameters and methods of their definition are developed. Parameters Rm_{max} , Rm , Rz , Ra , Sm , Rp , Rk , Rv are offered for the control of woods and wood materials roughness. Application of the listed of a roughness parameters will allow to supervise height and a step of roughnesses of the surfaces received after machining and anatomic roughnesses. Limiting values of roughness parameters of a surface for various materials and ways of processing are resulted.

Key words: a quality estimation, roughness parameters, anatomic roughnesses.

Пищик И.И. К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫДЕРЖАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТАХ.

В статье показана недостаточность известных характеристик для оценки акустических различий старой и современной древесины. Эти различия выявляются при оценке связей декремента колебаний с упругостью и возрастом древесины. Кроме того, улучшение акустических свойств старой древесины вызывается реакцией этой древесины на нагружение деки музыкального инструмента давлением струн.

Ключевые слова: модуль упругости, декремент колебаний, акустическая константа, потенциальное излучение, возраст древесины, потери энергии в опорах, нагружение деки давлением струн, частота колебаний.

Pishchik I.I. TO A QUESTION OF USE OF THE SUSTAINED WOOD IN MUSICAL INSTRUMENTS.

In article insufficiency of known characteristics for an assessment of acoustic distinctions of old and modern wood is shown. These distinctions come to light at an assessment of communications of decrement of fluctuations with elasticity and age of wood. Besides, improvement of acoustic properties of old wood is caused by reaction of this wood to loading decks of a musical instrument pressure of strings.

Key words: the elasticity module, decrement of fluctuations, an acoustic constant, potential radiation, age of wood, energy loss in support, loading decks pressure of strings, frequency of fluctuations.

Десятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСКРОЯ БАЛАНСОВ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЩЕПЫ.

Обсуждаются результаты исследования, целью которого является установление существования корреляции между долей короткомеров в массиве сырья, подаваемого в рубительную машину, и фракционным составом вырабатываемой щепы. Исследование проводилось в производственных условиях древесно-подготовительного цеха целлюлозно-бумажного комбината. Установлена зависимость между долей короткомеров в массиве сырья, подаваемого в рубительную машину, и фракционным составом вырабатываемой щепы.

Ключевые слова: длина бревен, раскрой, щепы, качество щепы.

Devjatnikova L.A., Vasilyev S.B., Kolesnikov G.N. PULP WOOD RE-SAWING PROCESS INFLUENCE ON WOOD CHIP QUALITY.

Correlation between length of logs and chips size is under discussion. An industrial experiment was carried out on dick chipper at a papermaking mill. Data analysis demonstrated log's length influence on wooden chips size distribution.

Key words: length of logs, re-sawing, chip, chip quality.

Запруднов В.И., Щербаков А.С. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТНО-УПРУГИХ И ТЕРМОУПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА.

Приведены теоретические исследования физико-механических свойств древесно-минерального композита, а именно значения коэффициентов температурного расширения и коэффициентов влажностно-упругих деформаций в зависимости от соответствующих характеристик составляющих материал компонентов.

Ключевые слова: древесно-минеральный композит, влажностно-деформационные свойства.

Zaprudnov V.I., Scherbakov A.S. FORCASTING MOISTURE – ELASTIC AND THERMOELASTIC PROPERTIES OF WOOD-MINERAL COMPOSITE.

Theoretical researches of physical and mechanical properties of wood-mineral composite, in particular the values of thermal expansion coefficients and moisture-elastic strain coefficients depending on the corresponding characteristics of components composing the material, are provided.

Key words: wood mineral composite, moisture strain properties.

Щербаков А.С., Запруднов В.И. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА.

Рассмотрены принципы построения теории прочности и деформативности древесно-минерального композита, в основу которой положена модель механической смеси или композиционного материала.

Ключевые слова: прогнозирование физико-механических свойств материала, древесно-минеральный композит.

Scherbakov A.S., Zaprudnov V.I. PRINCIPLES OF BUILDING THE THEORY OF STRENGTH AND STRAIN CAPACITY OF WOOD AND MINERAL COMPOSITE.

The principles of building the theory of strength and strain capacity of wood and mineral composite are considered. The theory is based on the model of the mechanical mixture or the composite.

Key words: forecast of physical and mechanical properties of a material, wood and mineral composite.

Тарасов С.М., Азаров В.И., Иванова А.М. МОДИФИКАЦИЯ АМИНОАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ СОЛЯМИ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ.

В данной статье представлены результаты исследований карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных водорастворимыми солями кремниевой кислоты. Приведены основные технологические параметры синтеза. Исследованы свойства полученных олигомеров.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидный олигомер, силикат натрия, алкиламидопропил-бетаины жирных кислот, катионный крахмал.

Tarasov S.M., Azarov V.I., Ivanova A.M. THE MODIFICATION OF AMINE-ALDEHYDIC OLIGOMERS BY THE WATER SOLUBLE OF SILICIC ACID.

In given article results of the research of carbamide-formaldehyde oligomers modified by the water soluble salts of silicic acid are presented. The main technological parameters of synthesis are given. The characteristics of received oligomers are investigated.

Key words: carbamide-formaldehyde oligomer, sodium silicate, cocamidopropyl betaines of fatty acids, cationic starch.

Винославский В.А., Азаров В.И., Зарубина А.Н. ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫЕ БУМАЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЛАТЕКСОВ.

Показана возможность применения в качестве пропиточных составов текстурных бумаг полиуретановых латексов марок Латур 1052-3ФК и Латуран. Приведен механизм упрочнения бумажно-пористых материалов в процессе пропитки их водными дисперсиями полимеров и сушки пропитанного бумажного полотна. Повышение прочности декоративно-защитных пленок обусловлено также формированием плотной структуры композиционного материала при его каландровании и ориентационной вытяжке.

Ключевые слова: декоративно-защитный материал, текстурная бумага, пропитка, дисперсии полимеров, полиуретаны, латекс, композиционный материал, прочность.

Vinoslavskiy V.A., Azarov V.I., Zarubina A.N. DECORATIVE-PROTECTIVE PAPER COVERINGS BASED ON POLYURETHANES LATEX.

It is represented that there is possibility of using polyurethanes latex of marks Latur 1052-3FK and Laturan as an impregnating compound of texture paper. The mechanism of strengthening paper– honeycomb materials during impregnation it with water polymers dispersion and drying of impregnated paper cloth is shown. Strength of decorative-protective membrane also increases because of the forming of compact structure of composite material during it calendaring orientation draw-forming.

Key words: decorative-protective material, texture paper, impregnation, polymers dispersion, polyurethanes, latex, composite material, strength.

Амалицкий В.В., Амалицкий В.В., Пасько С.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДИСКОВЫХ ПИЛ В СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ.

В статье рассматривается возможность дополнения сертификационных испытаний на соответствие требованиям безопасности испытаниями инструмента на износостойкость.

Ключевые слова: деревообрабатывающее оборудование, дисковая пила, безопасность, изнашивание, древесно-стружечная плита, измерение.

Amalitsky V.V., Amalitsky V.V., Pasko S.A. DETERMINATION OF INTENSITY OF WEAR PROCESS OF DISK SAWS IN CERTIFIED TESTS.

This article discusses the possibility of supplementing the certification tests for compliance with security testing tools for wear.

Key words: woodworking machinery, circular saw, safety, wear, particle board, measure.

Амалицкий В.В., Амалицкий В.В. ЕЩЕ РАЗ О БЕЗОПАСНОСТИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ.

В статье приведен анализ ситуации, когда станки, получившие сертификат соответствия, не отвечают требованиям безопасности. Даны рекомендации покупателям станков.

Ключевые слова: безопасность, сертификат соответствия, технический регламент, деревообрабатывающее оборудование.

Amalitsky V.V., Amalitsky V.V. ONCE AGAIN ABOUT SAFETY OF THE WOODWORKING EQUIPMENT.

The article analyzes the situation where machines have received the certificate of conformity does not meet safety requirements. Recommendations are given to buyers of machine tools.

Key words: security, certificate of conformity, technical regulations, woodworking equipment.

Шульц А.Н. УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОЧНОСТИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ И ЗДАНИЙ.

Многие проблемы лесопромышленного комплекса можно решить утилизацией низкопотенциальных тепловых ресурсов естественной среды и ноосферы с помощью модифицированных тепловых труб – испарительно-конденсационных теплообменников.

Ключевые слова: тепловые трубы, лесопромышленный комплекс, ноосфера.

Shults A.N. MANAGEMENT OF TEMPERATURE MODES AND STABILIZATION OF DURABILITY OF THE PERMAFROST BASE BASES OF ROADS AND BUILDINGS.

It is a lot of problems of a complex of the wood industry can be solved, processing Low potential thermal resources of inhabitancy and a noosphere by means of the changed thermal pipes.

Key words: thermal pipes, timber processing complex, noosphere.

Шимкович Д.Г. О НЕКОТОРЫХ «ПАРАДОКСАХ» КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ.

При анализе различных задач с использованием метода конечных элементов достаточно часто возникают различные «парадоксы» – несоответствие получаемого решения имеющемуся аналитическому или ожидаемому качественному результату. В статье обсуждаются две такие задачи – об упругой устойчивости и прогибах балок.

Ключевые слова: парадоксы, конечные элементы, моделирование, конструкции.

Shimkovich D.G. ABOUT SOME «PARADOXES» OF FINITE-ELEMENT MODELLING OF DESIGNS.

At the analysis of various problems with use of a method of finite elements often enough there are various «paradoxes» – discrepancy of the received solution to available analytical or expected qualitative result. In article two such problems – about elastic stability and deflections of beams are discussed.

Key words: paradoxes, final elements, modeling, designs.

Рубинштейн А.И. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.

Элементарные математические функции рассмотрены как решения функциональных уравнений.

Ключевые слова: элементарные функции, функциональное уравнение.

Rubinstein A.I. THE METHODS OF SOLUTION TO FUNCTIONAL EQUATION.

The elementary mathematical functions are treated as solution to functional equations.

Key words: elementary functions, functional equations.

Дорошенко В.А., Друк Л.В., Усачев М.С. МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ВАРИАНТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА.

В статье предложена структурная модель выбора вариантов при синтезе технологических и технических структур, элементов и устройств систем управления с применением генетических алгоритмов для решения многокритериальных задач. Предложены целевые функции для выделения рациональных и оптимальных вариантов при реализации генетического алгоритма.

Ключевые слова: генетический алгоритм, селекция вариантов, сортировка вариантов, целевая функция, показатели эффективности, рациональные варианты, оптимальные варианты, матрицы показателей эффективности, хромосомы, популяция.

Doroshenko V.A., Druk L.V., Usachev M.S. THE METHOD OF MULTICRITERIA CHOICE OPTIONS BASED ON GENETIC ALGORITHM.

The paper suggests a structural model of choices in the synthesis of technology and technical structures, components and devices control systems using genetic algorithms for solving multicriteria problems. The

objective functions are proposed for the selection of practical and the best options for implementing a genetic algorithm.

Key words: the genetic algorithm, selection of options, sorting out options, the objective function, performance indicators, practical options, the best options, the matrix of performance indicators, chromosomes, population.

Полужтков Н.П., Харченко В.Н., Усатов И.И., Царьгородцев Ю.П. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПЛЕНОК.

Плазменная технология получения наноструктурных пленок с заданными физическими свойствами вызывает необходимость контроля параметров разряда. Микроструктура и свойства пленок зависят от теплового потока на ее поверхность. Приведены методы определения параметров плазмы и тепловых потоков на осаждаемую пленку. Разработана автоматизированная система оперативного контроля этих параметров. Дано описание алгоритмов программного обеспечения системы и аппаратной реализации.

Ключевые слова: диагностика плазмы, зондовые измерения в плазме, тепловые потоки в плазме, спектр излучения плазмы.

Poluektov N.P., Kharchenko V.N., Usatov I.I., Tsar'gorodsev Yu.P. AN AUTOMATED SYSTEM FOR CONTROL OF PLASMA PARAMETERS IN NANOFILMS DEPOSITION.

Plasma deposition of nanostructured films with prescribed physical properties requires precise control of the discharge parameters. The microstructure and properties of the films depends on the energy flux. We presents methods for determining the plasma parameters and heat flux to deposited film. An automated system for tracking these parameters is developed. The software algorithms and hardware implementation of this system are described.

Key words: diagnostics of plasma, measurement in plasma a probe, thermal streams in plasma, a range of radiation of plasma.

Воронков О.В., Исаев В.М. ВЫБОР ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОМ ПЛАНИРОВАНИИ ЕЕ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОГРАНИЧЕНИЙ.

В статье приведен алгоритм определения приоритетного перечня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках реализации мероприятий федеральных целевых программ по созданию электронной компонентной базы для радиоэлектронных средств стратегически важных государственных объектов и специальной техники.

Ключевые слова: электронная компонентная база, программное развитие, федеральная целевая программа, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, приоритетные направления, радиоэлектронные средства.

Voronkov O.V., Isaev V.M. CHOICE PRIORITY DIRECTIONS OF CREATION OF ELECTRONIC COMPONENT BASE AT PROGRAM-TARGET PLANNING OF ITS DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF OPERATING LIMITATIONS.

In article the algorithm of definition of the priority list of research and developmental works within the limits of realisation of actions of federal target programs on creation of electronic componental base for radio-electronic means of strategically important state objects and the special technics is resulted.

Key words: electronic componental base, program development, the federal target program, research and developmental works, priority directions, radio-electronic means.

Бурков В.Д., Леонов Л.В., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е. МЕТОДЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ НИЗКОКОГЕРЕНТНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗРАБОТКАХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

Приведен сравнительный анализ методов волоконно-оптической низкокогерентной когерентной интерферометрии для измерения малых расстояний и перемещений объектов в пространстве. Про-

анализирована возможность применения этих методов в разработках миниатюрных ВОД физических величин на основе микроинтерферометров Фабри-Перо.

Ключевые слова: волоконно-оптические датчики, низкокогерентная интерферометрия, микроинтерферометр Фабри-Перо.

Burkov V.D., Leonov L.V., Potapov V.T., Potapov T.V., Udalov M.E. THE TECHNIQUE OF FIBER OPTIC LOW-COHERENCE INTERFEROMETRY AND ITS APPLICATIONS FOR FIBER OPTIC SENSORS.

The technique of fiber optic low-coherence interferometry for of fiber optic sensors.

Abstracts The technique of fiber optic low-coherence interferometry for applications in the field fiber optic sensors in presented. The possibilities of used this technique for disingning miniature fiber optic sensors are discussed.

Key words: fiber-opticssensors, low-coherence interferometry, microinterferometr Fabry-Perot.

Бурков В.Д., Леонов Л.В., Перминов С.В., Урванцев И.А., Щукин Д.Г., Харитонов Н.А. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ.

В работе рассмотрены вопросы измерений параметров прецизионных квантово-оптических систем при помощи специализированных оптических измерительных стендов. Изложены требования, предъявляемые к подобным измерительным комплексам. Приведены примеры построения измерительных квантово-оптических стендов.

Ключевые слова: квантово-оптические системы, оптические стенды, измерения.

Burkov V.D., Leonov L.V., Perminov S.V., Urvantsev I.A., Schukin D.G., Kharitonov N.A. THE TEST BENCH FOR RESEARCH OF OPTICAL AND FIBER-OPTICAL DEVICES AND SYSTEMS.

The paper discusses the issues of precision measurements of the quantum-optical systems using specialized optical measuring stands. Set out the requirements for such a measuring complex. Examples of the construction of measuring the quantum-optical benches.

Key words: quantum-optical systems, optical stands, measuriments.

Егоров В.Г. МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ КООПЕРАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.

В статье освещается состояние и направления развития кооперативного сектора мирового сельского хозяйства. Особенно акцентируется внимание на чертах его характеристики, важных с точки зрения учета мирового опыта при регенерации отечественной аграрной кооперации.

Ключевые слова: сельское хозяйство, кооперация, сложные кооперативные объединения, сбыто-снабженческие товарищества, кооперативный кредит аграрной отрасли.

Egorov V.G. WORLD EXPERIENCE OF COOPERATION IN AGRICULTURE.

The paper highlights the status and direction of the cooperative sector of global agriculture. Particularly focuses on the features of his attention characteristics that are important from the point of view of the world experience and the regeneration of the national agricultural co-operatives.

Key words: agriculture, cooperation, complex cooperative associations, marketing, logistical partnership, cooperative credit agrarian sector.

Аглицкий И.С., Кулагин Д.Е., Остапенко Д.В. КЛАССИФИКАЦИЯ БАНКОВСКИХ РИСКОВ ПРИ ИНВЕСТИЦИЯХ В РЕАЛЬНЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ.

Рассмотрены особенности банковских рисков при инвестициях в реальный сектор экономики. Приведена оригинальная авторская классификация таких рисков. Указаны этапы проекта, на которых могут возникнуть риски. Проведен анализ рисков на предмет их предсказуемости и управляемости.

Ключевые слова: риск-менеджмент, банковские риски, инвестиции, классификация рисков, неопределенность.

Aglicki I.S., Kulagin D.E., Ostapenko D.V. CLASSIFICATION OF INVESTMENT BANKING RISK IN THE REAL ECONOMY.

The features of bank risks in investing in the real economy. Shows the original authors classification of such risks. Indicated stages of the project, which may have risks. The analysis of risks in terms of their predictability and controllability.

Key words: risk management, banking risks, investments, classification of risks, uncertainties.

Аглицкий И.С., Демичева Н.А., Кузьмин В.В. НОРМАТИВНО-ДЕСКРИПТИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯМИ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ.

Рассмотрены особенности управления предприятиями социально-культурной сферы в современных российских условиях. Показано, что в настоящее время в управлении подобными предприятиями проявляются как нормативные, так и дескриптивные аспекты. Предложен нормативно-дескриптивный подход к анализу управления предприятиями социально-культурной сферы.

Ключевые слова: социально-культурная сфера, управление, системный анализ, системный подход, нормативно-дескриптивная система.

Aglitsky I.S., Demicheva N.A., Kuzmin V.V. A STANDARD AND DESCRIPTIVE APPROACH TO MANAGEMENT OF THE ENTERPRISES OF THE WELFARE SPHERE.

Peculiarities of socio-cultural enterprise management in today's Russian environment are considered. It is shown that the management of such enterprises has both regulatory and descriptive aspects nowadays. So a regulatory-descriptive approach to analysing socio-cultural enterprise management is suggested.

Key words: socio-cultural sphere, management, a systems analysis, a systems approach, a regulatory-descriptive system.

Новиков А.А., Радчич И.Ю., Умаров М.К., Морозов О.С. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ.

Исходя из общих принципов управления сложно-динамическими системами, а также теоретических, экспериментальных и практических разработок авторов, в данной статье показаны основные теоретико-методологические положения управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов в видах спорта со сложной координацией движений. Теоретически обоснована модель трехуровневой системы подготовки для изучения проблем управления сложными движениями в вариативных условиях спортивной деятельности.

Ключевые слова: высококвалифицированные спортсмены, трехуровневая система управления, соревновательная деятельность, спортивное мастерство, системы организма.

Novikov A.A., Radchich I.Yu., Umarov M.K., Morozov O.S. THEORETICAL AND METHODOLOGY OF PROVISION OF MANAGEMENT OF PREPARATION OF HIGHLY SKILLED ATHLETES.

Based on the general principles of management of complex-dynamic systems, as well as theoretical, experimental and practical developments of authors in this paper shows the main theoretical and methodological control of the preparation of elite athletes in sports with a complex coordination of movements. Theoretically grounded model of a three-tier training system for the study of management problems in the complex movements of variable conditions of sports activity.

Key words: peritissimus athletae, tres-terno systema administratione, competitive actio, sportsmanship, corpus ratio.