

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

Основан в 1833 г.  
Издается в серии ИВУЗ с 1958 г.  
Выходит 6 раз в год

1

2003

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**  
Заместители главного редактора:  
проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, проф. **А.Н. Кириллов**,  
проф. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **Е.Г. Мозолевская**,  
**В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С.**  
**Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **А.Р. Родин**,  
проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф.  
**В.И. Санев**,  
проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д.**  
**Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры **Р.В. Белякова**

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей и студентов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова**  
Перевод **Н.Т. Подражанской**  
Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой**

---

Сдан в набор 06.01.2003. Подписан в печать 06.03.2003.  
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,97. Усл. кр.-отт. 13,97.  
Уч.-изд. л. 16,8. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 28 07 18,  
факс: (818-2) 28 07 14, e-mail: forest@agtu.ru <http://lesnoizhurnal.agtu.ru>

---

Типография Архангельского государственного технического университета  
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17



## СОДЕРЖАНИЕ

*ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО*

- О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина.* Биологическое и хозяйственное значение сопутствующих пород в сосняках Европейского Севера России ..... 7
- Р.В. Власов.* Факторы заселения стволовыми насекомыми деревьев ели и сосны при прореживании насаждений химическим способом ..... 16
- С.Ю. Кондаков, Л.С. Шиков.* Организация и проведение надзора за ракомсерянкой в сосновых насаждениях ..... 25
- Д.Г. Мясичев.* Определение динамических характеристик двигателя МП-5 «Урал» в составе мотоблока ..... 29
- Ю.Т. Цай.* Методика исследований опасных факторов лесного пожара..... 33

*ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ*

- А.В. Жуков, В.Н. Лой, В.В. Хайновский, Д.А. Зенькевич.* Оценка динамической нагруженности новой колесной трелевочной машины МТЗ ..... 39
- В.С. Морозов, Г.С. Морозов.* Расчет осадок сооружений на основании из мерзлого торфа ..... 47
- Я.И. Шестаков, И.Н. Багаутдинов.* Исследование состояния зубьев опорно-поворотного круга валочно-пакетирующей машины ЛП-19В..... 53
- В. Штоллманн.* Вклад в конструирование лесопромышленных роботов..... 56

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

- В.И. Пчелин, А.Х. Газизуллин, Е.И. Патрикеев.* Влияние типа лесорастительных условий на качество древесины сосны обыкновенной в насаждениях Среднего Поволжья ..... 62
- М.В. Боярский.* О выявлении и исключении аномальных результатов наблюдений в процессах деревообработки ..... 66
- И.П. Демитрова.* Влияние климатических и биологических факторов на радиальный прирост ели ..... 71
- И.С. Лобанова, Н.В. Лобанов.* Влияние условий опирания ленточных и рамных пил на их начальную жесткость ..... 77
- В.И. Малыгин, П.В. Перфильев, М.П. Худяков.* Параметрическое автоматизированное проектирование (на примере изделий мебельного производства) ..... 86

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

- Ф.Х. Хакимова, С.Г. Ермаков.* Разработка технологии комплексной утилизации отходов окорки древесины (часть 2) ..... 94

---

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Ф.Х. Хакимова, О.А. Носкова.</i> Использование древесной целлюлозы повышенного выхода в качестве сырья для получения порошковой целлюлозы..... | 101 |
| <i>А.И. Фирсов.</i> Токсикологические свойства лесохимических продуктов .....                                                                     | 107 |
| <i>А.П. Смирнов, Г.А. Пазухина.</i> Сравнительная оценка качества древесины высокопродуктивных сосняков на осушенных торфяных почвах .....        | 111 |
| <i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i>                                                                                                       |     |
| <i>О.О. Байметова, А.В. Пластинин.</i> О выборе норматива рентабельности при установлении цен на технологическую щепу .....                       | 120 |
| <i>Г.В. Мерцалова.</i> Лес и лесные отношения как объекты государственной регистрации прав.....                                                   | 124 |
| <i>МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ</i>                                                                                                           |     |
| <i>Я.Ф. Молнар.</i> Как на производстве найти покупателя образовательных услуг? .....                                                             | 128 |
| <i>Т.С. Буторина, Е.В. Шишов.</i> Опыт создания информационной базы педагогического исследования .....                                            | 134 |
| <i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>                                                                                                           |     |
| <i>А.Д. Голяков.</i> К исследованию плотности древесины сосны.....                                                                                | 137 |
| <i>А.Р. Бирман.</i> Технология поточного производства щитового паркета с декоративным лицевым покрытием .....                                     | 139 |
| <i>Ф.Г. Секисов, О.В. Смердов.</i> О возможности сушки пропитанной древесины в поле газового разряда .....                                        | 142 |
| <i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>                                                                                                                              |     |
| <i>Н.Н. Чернов.</i> К 170-летию лесного образования на Урале .....                                                                                | 146 |

---



## CONTENTS

## FORESTRY

- O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina.* Biological and Economic Value of Associated Species in Pine Stands of the European North of Russia..... 7
- R.V. Vlasov.* Factors of Trunk Insects Colonization of Spruce and Pine at Thinning by Chemical Method..... 16
- S.Yu. Kondakov, L.S. Shikov.* Organizing and Monitoring *Cronartium Flaccidum* in Pine Stands..... 25
- D.G. Myasishchev.* Determination of Dynamic Behavior of MP-5 «Ural» Engine Entering Motor-block..... 29
- Yu.T. Tsay.* Technique of Investigating Harmful Factors of Forest Fires..... 33

## WOODEXPLOITATION

- A.V. Zhukov, V. N. Loy, V. V. Khainovsky, D. A. Zenkevich.* Assessment of Dynamic Loading of New Wheeled Skidder MTZ..... 39
- V.S. Morozov, G.S. Morozov.* Calculation of Building Settlement on Frozen Peat Base..... 47
- Ya.I. Shestakov, I.N. Bagautdinov.* Study of Teeth State of Bearing-turnable Device of Felling-bunching Machine LP-19V..... 53
- V. Shtollmann.* Input into Designing Forest-industrial Robots..... 56

## MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- V.I. Pchelina, A.Kh. Gazizullin, E.I. Patrikeev.* Influence of Forest Environment Type on Wood Quality of *Pinus Sylvestris* in Stands of Middle Volga Region 62
- M.V. Boyarsky.* Detection and Elimination of Abnormal Observation Results in Woodworking Processes..... 66
- I.P. Demitrova.* Influence of Climatic and Biological Factors on Radial Increment of Spruce..... 71
- I.S. Lobanova, N.V. Lobanov.* Effect of Band and Frame Saws Support Conditions on their Initial Rigidity..... 77
- V.I. Malygin, P.V. Perfiljev, M.P. Khudyakov.* Parametric Computer-aided Design (Based on Example of Furniture Production)..... 86

## CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- F. Kh. Khakimova, S. G. Ermakov.* Technology Development of Complex Utilization of Debarking Wastes (part 2)..... 94
- F. Kh. Khakimova, O.A. Noskova.* Use of Wood Pulp of Increased Output as Raw Material for Producing Powdered Cellulose..... 101
- A.I. Firsov.* Toxicological Properties of Forest-chemistry Products..... 107
- A.P. Smirnov, G.A. Pazukhina.* Comparative Analysis of Wood Quality from High-productive Pine Stands on Drained Peat Soils..... 111

---

*ECONOMICS AND MANAGEMENT*

- O.O. Baimetova, A.V. Plastinin.* On Selecting Standard of Profitability when Setting Prices on Pulpchips..... 120
- G.V. Mertsalova.* Forest and Forest Relations as Objects of State Rights Registration..... 124

*METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING*

- Ya.F. Molnar.* How to Find Customer of Educational Services in Industry?..... 128
- T.S. Butorina, E.V. Shirshov.* Development of Informational Base for Pedagogical Research..... 134

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE*

- A.D. Golyakov.* On Investigation of Pine Wood Density..... 137
- A.R. Birman.* Technology of Mass Production of Block Parquet with Decorative Facing..... 139
- F.G. Sekisov, O.V. Smerdov.* On Possibility of Drying Impregnated Wood in Gas Discharge Field..... 142

*HISTORY OF SCIENCE*

- N.N. Chernov.* To 170th-Anniversary of Forest Education in the Urals..... 146
-



УДК 630\*5

*О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина*

Неволин Олег Алексеевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, заслуженный лесовод России. Имеет 125 печатных трудов в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.



Третьяков Сергей Васильевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета. Имеет 36 печатных трудов в области изучения лесных ресурсов и лесопользования, закономерностей роста и продуктивности смешанных лесов Севера.



Еремина Ольга Олеговна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры геодезии и земельного кадастра Архангельского государственного технического университета. Имеет 13 печатных трудов в области возобновления и продуктивности сосновых лесов Севера.



### **БИОЛОГИЧЕСКОЕ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОРОД В СОСНЯКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

Приведены результаты 40-летних исследований биологического и хозяйственного значения смешанных сосновых лесов и слагающих их древесных пород в средней подзоне тайги. Выявлено преимущество смешанных сосняков над чистыми по устойчивости, продуктивности и хозяйственной ценности.

Ключевые слова: сосна, ель, лиственница, береза, продуктивность, биологическое и хозяйственное значение.

Природа сосновых лесов Европейского Севера России сложна и многообразна. Преимущественно распространены смешанные сосново-березовые и сосново-еловые насаждения. Постоянная спутница сосново-березовых лесов – ель, сосново-еловых – береза (*Betula pubescens* и *Betula verrucosa*). В составе древостоев нередко встречается осина (*Populus tremula*), лиственница (*Larix Sukaczewvii*) произрастает в зоне распространения карбонатных почвогрунтов. В лесотипологическом отношении смешанные сосняки Европейского Севера России представлены всей гаммой типов сосновых лесов по схеме В.Н. Сукачева [11].

Отечественные и зарубежные ученые-лесоводы давно интересуются вопросами биологической устойчивости, продуктивности и хозяйственной ценности смешанных насаждений. Примечательно, что еще современник Петра I И. П. Посошков в своей книге «О скудости и богатстве», написанной в 1724 г., говорил о создании устойчивых смешанных насаждений, правда, в степи.

Один из основоположников русского лесоводства А.Т. Болотов в работе «О рублении, поправлении и заведении лесов», изданной в 1766 г., доказывал преимущества смешанных лесов перед чистыми.

Интересные сведения о достоинствах смешанных насаждений содержатся в работе «Курс лесовозобновления и лесоразведения», написанной в 1843 г. преподавателем Петербургского лесного и межевого института А. Длатовским, и в книге талантливого публициста и ученого-лесовода Н.В. Шелгунова «Лесоводство» (1856).

О преимуществах смешанных насаждений в связи с их многочисленными положительными свойствами и большим хозяйственным значении неоднократно высказывались выдающиеся деятели отечественной лесной науки А.Ф. Рудзкий, М.М. Орлов, М.К. Турский, Д.М. Кравчинский, Г.Ф. Морозов, Н.С. Нестеров, М.Е. Ткаченко.

Исследования И.С. Мелехова [6], В.П. Тимофеева [12], В.К. Захарова [4], М.Д. Колесниченко [5] и других ученых-лесоводов свидетельствуют о том, что создание смешанных насаждений при правильном подборе древесных пород является одним из путей повышения продуктивности и ценности лесов.

С.В. Алексеев и А.А. Молчанов [1] относили сосново-елово-березовые насаждения к одной из лучших форм насаждений на Европейском Севере.

Изучая закономерности размещения корней сосны и ели в хвойных лесах БССР, И.К. Блинцов и П.Ф. Асютин [2] установили, что в смешанных древостоях наблюдается ярусное расположение корней. Корневые системы совместно произрастающих сосны и ели располагаются более равномерно по почвенному профилю, верхние горизонты занимает ель, нижние сосна. Это способствует более эффективному использованию почвенного плодородия.

И.Н. Рахтеенко [10] отмечал положительное влияние березы на рост сосны и ели. В условиях Бузулукского бора в смешанных насаждениях со-

сны и березы общая масса корней сосны была на 60 % больше, чем в чистых. Береза и осина лучше осваивают более плотные глубинные горизонты почвы. Их корни легче и глубже проникают в почву и быстрее отмирают, что дает возможность корням сосны и ели успешнее распространяться по готовым ходам сгнивших корней.

Лесоводственно-таксационные исследования смешанных сосняков Европейского Севера начаты кафедрой лесной таксации и лесоустройства АЛТИ в 1961 г. [7] и продолжаются в настоящее время [3, 8, 9, 14, 15].

Нами установлено и многократно проверено, что сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), произрастающая совместно с березой и елью, образует биологически устойчивые, высокопродуктивные насаждения.

Смешанные сосняки кислично-травяные, кисличные, черничные и брусничные, как правило, послепожарного происхождения; часть из них возникла по заброшенным в лесу пашням и в местах ведения крестьянами подсеčno-огневого земледелия.

Благодаря взаимодополняющим биологическим свойствам, эти три лесообразующие породы, появляясь на одной территории, при определенном количественном сочетании помогают друг другу, полнее используют среду обитания и эффективно противостоят неблагоприятным для жизни леса факторам.

Береза выступает как почвоулучшающая порода; ее опад, в особенности листья, образует мягкий гумус (мульчу), снижающий кислотность почвы и увеличивающий содержание в ней таких важных элементов, как кальций, калий, фосфор, магний и др.; в результате повышается плодородие почвы.

В вопросах взаимодействия березы с сосной и елью пока много неясного. Особенно это касается скрытых от нас биохимических процессов, протекающих в почве между корневыми системами деревьев, и биохимического взаимовлияния в древостое в связи с выделением древесной, кустарниковой и травянистой растительностью многообразных продуктов жизнедеятельности – фитонцидов. Пока можно лишь предположить с большой долей вероятности, что все эти биологические процессы благоприятно отражаются на росте и развитии сосново-березовых сообществ, наиболее распространенных в лесах Европейского Севера России.

Рассмотрим лишь внешнюю сторону взаимодействий древесных пород в смешанном лесу и ответим на вопрос: как влияет береза на рост и состояние сосны и ели?

В сосново-березовых насаждениях послепожарного происхождения, которые по своей природе всегда одновозрастные, мы установили три фазы роста, связанные с биологическими свойствами сосны и березы. Первая фаза, продолжающаяся 40 ... 45 лет с момента возникновения насаждения, характеризуется интенсивным ростом березы в высоту; к концу периода березу догоняет сосна. Пройдя через вторую (переходную) фазу равных средних высот, длящуюся около 5 лет, насаждение с 45–50-летнего возраста вступает

в третью фазу. В этот период сосна обгоняет в росте по высоте березу и в дальнейшем не уступает ей своих позиций.

В каждой фазе роста сосна и береза взаимодействуют по-разному, что внешне выражается в охлестывании и угнетении сосны березой и березы сосной. Для установления размеров и характера вреда, причиняемого сосне от охлестывания березой, мы провели сплошной учет и наблюдения на пробных площадях и взяли парные модели. В зависимости от характера повреждений и состояния поврежденных деревьев выделили пять степеней охлестывания сосны березой (рис. 1).

Первая степень – очень слабое охлестывание. Повреждены отдельные ветви кроны. Рост дерева хороший. Крона нормально развита.

Вторая степень – слабое охлестывание. Повреждена и имеет редкое охвоение незначительная часть боковых ветвей. Крона обычно развита нормально, реже выражена ее однобокость. Рост и состояние дерева хорошие.

Третья степень – значительное охлестывание. Верхушечный побег цел, но прирост по высоте ослаблен. Крона однобокая, флагообразная, но сравнительно густая, с нормально охвоенными ветвями. В сторону березы крона не развита, а отдельные имеющиеся ветви охлестаны, хвоя на них редкосидящая.

Четвертая степень – сильное охлестывание. Верхушечный побег отмирает, прирост в высоту почти прекращается. Нередко отмерший верхушечный побег заменяется боковыми побегами, которые также охлестываются. Крона однобокая, флагообразная, обычно редкая, с бледно-зеленой хвоей. Дерево имеет сбежистый ствол, угнетенный вид и обречено на медленное отмирание.

Пятая степень – очень сильное охлестывание. Верхушечный побег ствола усох, его безуспешно заменяют и вновь отмирают от охлестывания

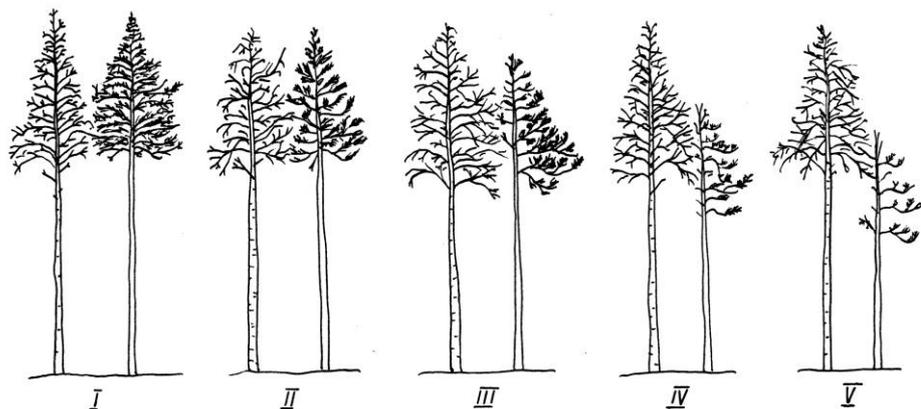


Рис. 1. Классификация охлестывания сосны березой: I – очень слабое; II – слабое; III – значительное; IV – сильное; V – очень сильное

боковые побеги, отчего образуется многовершинность. Прирост в высоту прекратился. Крона слаборазвитая, обычно флагообразная. Хвоя бледно-зеленая, часто укороченная. В верхней части ствола (у вершинки) и на ветвях обычны обдиры (ошмыги) коры. Дерево обречено на гибель.

Описанные пять степеней охлестывания сосны вполне соответствуют механическим повреждениям ели, наносимым березой. Однако в сосново-еловых насаждениях при малой доле участия березы в составе древостоя охлестывание проявляется незначительно и может быть устранено полностью при своевременных уходах за выращиваемым лесом. К тому же в одновозрастных сосново-еловых древостоях ель обычно отстает в росте от сосны и березы и поэтому не испытывает прямого влияния ветвей березы. С 80–90-летнего возраста береза в сосново-еловых насаждениях сдает свои позиции, начинает отмирать, и появляются ее новые поколения.

В сосново-березовых лесах до 15–20-летнего их возраста охлестывания сосны березой почти не происходит; в некоторых случаях повреждаются единичные особи. Это связано с небольшой высотой деревьев и слабым раскачиванием ветвей в стороны. Многие молодые сосны и березы, оставшие в росте, с течением времени отмирают, но это связано не с охлестыванием, а с самоизреживанием насаждений в результате естественного отбора. В насаждениях старше 20 лет сосна уже подвергается охлестыванию ветвями березы, которое усиливается к 30–50-летнему возрасту, т. е. во второй половине первой фазы роста сосново-березовых насаждений и в переходной фазе.

Число пострадавших от охлестывания сосен возрастает с увеличением доли участия березы в составе насаждения. При размещении пород чистыми биогруппами процент охлестанных сосен меньше, чем в смешанных биогруппах и при равномерном распределении березы по площади. В насаждениях старше 50 лет число сильно поврежденных сосен уменьшается за счет постепенного отпада.

Степень охлестывания сосны зависит от расстояния между деревьями, но это общая тенденция явления. Дело в том, что в одновозрастных насаждениях нередко можно наблюдать, когда сосны, растущие на очень близком расстоянии (0,5 ... 1,0 м) от берез, хорошо растут, сдерживая рост березы, и не страдают от такого соседства. Первые 7 ... 15 лет жизни они несколько отстают в росте, а затем, обогнав березу по высоте, удерживают свое преимущество. Интересно, что при таком тесном соседстве сосна имеет не только полнодревесный, но и хорошо очищенный от сучьев ствол (рис. 2).

Сосны, у которых кроны частично соприкасаются с кронами берез, подвергаются (правда, не всегда) слабому и очень слабому охлестыванию. При этом никакого угнетения не наблюдается.

Общее число поврежденных охлестыванием сосен в исследуемых нами сосново-березовых насаждениях невелико и даже в самый активный



Рис. 2. Сосново-березовое 82-летнее насаждение. Тип леса сосняк-кисличник, класс бонитета II, запас 444 м<sup>3</sup> на 1 га (фото О.А. Неволлина)

период при составе бС4Б не превышает 20 %. Этот сравнительно небольшой вред от охлестывания может быть предупрежден и устранен своевременными уходами за лесонасаждениями.

Биологическое значение ели в сосново-березовых и сосново-еловых насаждениях, можно сказать, двуедино. С одной стороны, благодаря еловому опад (главным образом хвои) образуется грубый гумус. Одновременно в почвенной флоре мощно разрастаются грибы-пенициллы, подавляющие деятельность бактерий и других грибов. Пенициллы угнетают корневую систему ели, замедляя ее рост. Это особенно характерно для еловых молодняков, в том числе и формирующихся под сосново-березовым пологом вторым еловым ярусом. Здесь вредное влияние грибов-пенициллов снижает береза, для ризосферы которой характерна бактериальная флора [17].

С другой стороны, благодаря своей теневыносливости и медленному росту в молодости, ель образует в сосняках второй биологический ярус (рис. 3), являясь своеобразным подгоном для сосны и березы, способствующим формированию у них гонких, хорошо очищенных от сучьев полндревесных стволов с высоко поднятыми кронами. Повсеместное расселение ели под пологом сосновых лесов объясняется не только ее теневыносливостью, но и еще одной биологической особенностью, связанной с приспособлением к существованию в необычных условиях почвенной среды. Особенно это заметно в насаждениях, где на поверхности почвы имеются полуразложившиеся и разложившиеся остатки древесины, поросшие мхами и образующие микроповышения. На этих участках микрорельефа и селятся молодые елоч-

ки, чего не наблюдаются у сосны. На эту особенность приспособления ели к органическому субстрату обратил внимание М.Е. Ткаченко. «Проходит иногда полстолетия, – писал он, – прежде чем ель достигнет своими корнями почвы» [13].

Интересно, что на корнях таких елочек хорошо развита микориза. Микоризообразователи ели, сосны и березы – рыжик еловый (*Lactarius deliciosus* var. *picei*), рыжик сосновый (*L. deliciosus* var. *pini*), груздь настоящий (*L. resimus*) – в условиях смешанных сосново-березовых и сосново-еловых лесов зеленомошной группы типов обильно плодоносят годами и заготавливаются впрок местным населением.

Биологическое значение осины (*Populus tremula*) в сосново-березовых и сосново-еловых насаждениях скорее всего следует оценивать отрицательно:

во-первых, она является промежуточным «хозяином»

соснового вертуна – очень опасной болезни соснового молодняка, вызываемого ржавчинным двудомным грибом *Melampsora pinitorqua*;

во-вторых, после главной рубки спелого древостоя осина дает обильные корневые отпрыски и в первый же после рубки год она и береза занимают территорию вырубki, препятствуя возобновлению сосны.

Лиственница в биологическом отношении – хорошая спутница сосны, ели и березы, и там, где это возможно, лесоведам надо вводить ее в культуру (до 20 ... 30 %) при создании смешанных сосновых насаждений. Как показывают наблюдения на постоянных пробных площадях, заложенных в смешанных древостоях с участием лиственницы, сосны, березы и ели, высокая продуктивность сохраняется на протяжении длительного времени. В возрасте естественной спелости или близком к ней у сосны и лиственницы высокие запасы поддерживаются благодаря приросту еловой части древостоя [16].



Рис. 3. Сосново-березовое 119-летнее насаждение со вторым еловым (105-летним) ярусом. Тип леса сосняк-кисличник, класс бонитета II, запас 430 м<sup>3</sup> на 1 га (фото О.А. Неволлина)

Старовозрастные смешанные сосняки представляют большой интерес с точки зрения сохранения биоразнообразия в условиях таежной зоны. Они являются местом обитания птиц и диких животных.

Хозяйственное значение древесных пород, слагающих смешанные сосновые леса Европейского Севера России, невозможно переоценить. Имеющая мировую славу ценная древесина сосны, лиственницы, ели; спецсортименты из березы (фанерный, лыжный, ружейный, катушечный кряж и др.), высококачественные березовые балансы и береста; продукты подсосочки (сосновая живица, еловая серка, березовый сок) и сухой перегонки (скипидар, смола, древесный уголь, деготь); лекарственное сырье (хвоя, молодые побеги и почки сосны, почки и молодые листочки березы и др.); кормовые добавки домашнему скоту – вот далеко не полный перечень лесных продуктов, которые дают человеку эти лесообразующие породы.

Сравнивая продуктивность и хозяйственное значение смешанных и чистых сосняков, мы установили, что в одинаковых условиях местопроизрастания исследуемые сосново-березовые (со вторым еловым ярусом и без него) и сосново-еловые насаждения по продуктивности на 20 ... 25 % и по стоимости на 6 ... 15 % выше. При этом смешанные насаждения обладают большей биологической устойчивостью, лучшими водоохранными, почвозащитными, санитарно-гигиеническими, эстетическими и другими природными свойствами, которые значительно повышают их ценность по сравнению с чистыми сосняками. Установлено, что в смешанных лесах выше размеры побочных пользований.

Исследования, проведенные в смешанных древостоях средней подзоны тайги [7, 15], показали, что в них хорошо формируются более полнодревесные стволы сосны и ели, хорошо очищенные от сучьев.

Сосново-березовые и сосново-еловые насаждения зеленомошной группы типов леса в прошлом интенсивно истреблялись рубками без последующего восстановления. В хозяйственном отношении они заслуживают самого пристального внимания таежных лесоводов.

Условия внешней среды, при которых возникают высокопродуктивные быстрорастущие смешанные сосняки, очень своеобразны. Их нужно не только учитывать, но и создавать в процессе хозяйственной деятельности человека при обязательном использовании методов огневой мелиорации.

Для обеспечения успешного восстановления высокопродуктивных сосняков надо, наконец, упорядочить огневую очистку лесосек и разрешить применять специально подготовленные управляемые палы. При лесоразработках нужно обязательно оставлять семенные деревья сосны.

Все это будет гарантией быстрого естественного восстановления высокопродуктивных сосняков при наименьших затратах сил и денежных средств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев С.В., Молчанов А.А.* Выборочные рубки в лесах Севера. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 148 с.
2. *Блинцов И.К., Асютин П.Ф.* Закономерности пространственного распределения корневых систем ели и сосны в высокопродуктивных хвойных лесах БССР // Лесоведение и лесн. хоз-во. – Минск, 1983. – Вып. 18. – С. 11–17.
3. *Гусев И.И., Третьяков С.В.* Рост и продуктивность сосново-еловых древостоев средней подзоны тайги Европейского Севера // Лесная таксация и лесостроительство: Межвуз. сб науч. тр. Красноярск. политех. ин-та. – Красноярск, 1989. – С. 48–59.
4. *Захаров В.К.* О высокопродуктивных и хозяйственно ценных насаждениях БССР // Лесн. журн. – 1958. – № 1. – С. 39–45. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Колесниченко М.Д.* Биохимические взаимодействия древесных растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 150 с.
6. *Мелехов И.С.* Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 408 с.
7. *Неволин О.А.* Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1969. – 103 с.
8. *Неволин О.А., Еремина О.О.* Результаты 35-летних исследований динамики высокопродуктивных сосново-березовых насаждений учебно-опытного лесхоза // Проблемы лесовыращивания на Европейском Севере: Сб науч. тр. К 70-летию АГТУ. – Архангельск, 1999. – С. 66–70.
9. *Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О.* Динамика сосново-березового насаждения при проточном увлажнении почвы в типе леса сосняк-кисличник // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 35–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).
10. *Рахтеенко И.Н.* Взаимодействие и жизнедеятельность корневых систем древесных растений в лесных насаждениях // Лесн. хоз-во. – 1967. – № 2. – С. 10–13.
11. *Сукачев В.Н.* Руководство к исследованию типов леса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. – 318 с.
12. *Тимофеев В.П.* Густота и ярусность лесных насаждений как условие их продуктивности // Достижения науки в лесном хозяйстве СССР за 40 лет. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957.
13. *Ткаченко М.Е.* Леса Севера. Из лесохозяйственных исследований в Архангельской губернии. – СПб., 1911. – 91 с.
14. *Третьяков С.В.* Закономерности роста и нормативы таксации сосново-еловых древостоев средней подзоны тайги Европейского Севера: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Л., 1989. – 18 с.
15. *Третьяков С.В.* Полнодревесность стволов сосны и ели в смешанных древостоях // Лесн. журн. – 1990. – № 2. – С. 26–29. – (Изв. высш. учеб. заведений),
16. *Третьяков С.В., Ярославцев С.В.* Отпад сосны и ели в смешанных древостоях Емцовского учебно-опытного лесхоза Архангельского ГТУ // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы: Материалы совещ. – Тула: Гриф и К°, 2001. – С. 459–462.
17. *Яценко-Хмелевский А.А.* Лес как биологическая система. //Термодинамика живых систем. – Л., 1966. – Вып. 104. – С. 9–15.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 10.04.02

*O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina*

**Biological and Economic Value of Associated Species in Pine  
Stands of the European North of Russia**

The results of 40-years long research of biological and economic value of mixed pine stands and tree species composing them in the middle taiga subzone are provided. The advantage of mixed pine stands over pure ones in relation to sustainability, productivity and economic value has been revealed.

---

УДК 630\*453.768.24 + 630\*24 + 632.95

***Р.В. Власов***

Власов Ростислав Владимирович родился в 1973 г., окончил в 1995 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, научный сотрудник лаборатории ландшафтного лесоводства С.-Петербургского НИИ лесного хозяйства. Имеет 8 печатных работ в основном по проблемам влияния химического метода ухода за лесом на стволовых насекомых.



**ФАКТОРЫ ЗАСЕЛЕНИЯ СТВОЛОВЫМИ НАСЕКОМЫМИ  
ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ И СОСНЫ ПРИ ПРОРЕЖИВАНИИ НАСАЖДЕНИЙ  
ХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Выявлены факторы, влияющие на заселение стволовыми насекомыми деревьев ели и сосны, подвергнутых инъекции арборицидами в целях прореживания загущенных молодняков-жердняков. Рассмотрена весомость отдельных факторов в отношении формирования стволовых энтомокомплексов.

Ключевые слова: стволовые насекомые, ель, сосна, разреживание, инъекция.

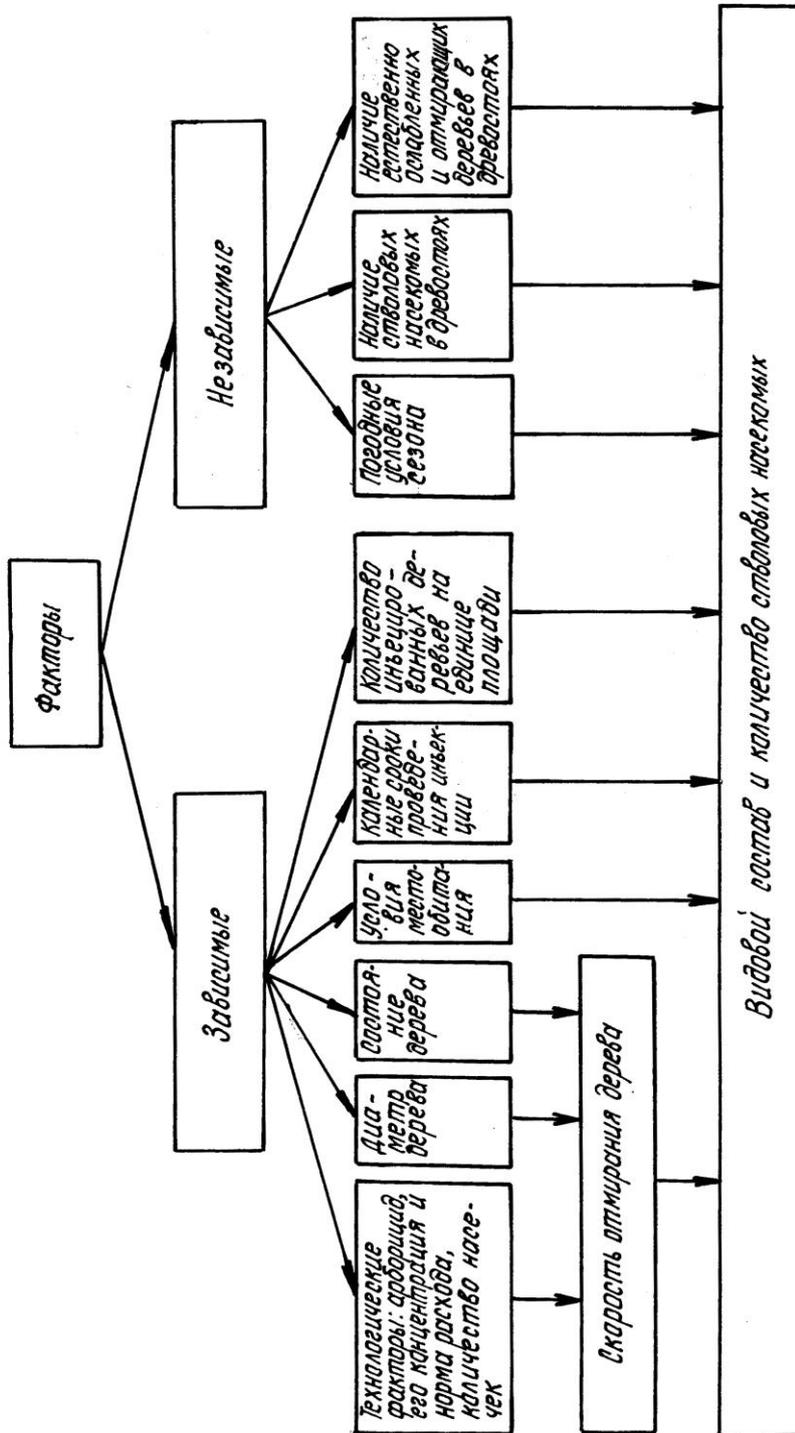
При отсутствии сбыта маломерной древесины химическое прореживание древостоев I–II классов возраста путем инъекции арборицидов в стволы части деревьев может иметь определенные преимущества по сравнению с обычными рубками ухода [4–7, 16, 23, 26]. В некоторых странах уже проводят такое прореживание [25, 27], однако остаются сомнения в целесообразности подобного решения задачи. Одним из ограничений при проведении данной акции является слабая изученность ее последствий, а именно размножения стволовых насекомых – компонента лесных биогеоценозов, способствующего ускорению разложения отпада [3, 10, 11, 20]. При отмирании инъекцированных деревьев изменяются состав и численность насекомых. Для понимания поведения стволовых насекомых в древостоях после химического прореживания необходимо определить факторы, влияющие на заселение насекомыми отмирающих деревьев. Без этого, очевидно, нельзя предотвратить появление и развитие очагов размножения насекомых.

Исследования проводились под руководством О.А. Катаева и И.В. Шутова в опытном лесхозе «Сиверский лес» Ленинградской области, в еловых и сосновых культурах 20-40-летнего возраста, потенциально более подверженных нападению стволовых насекомых, чем молодые деревья. Насаждения зеленомошной группы типов леса, относительная полнота не менее 0,8. Деревья диаметром 2 ... 15 см (заданным целями опытов) подвергали инъекции в стволы с использованием разных технологических регламентов. В качестве арборицида применяли в основном раундап (действующее

вещество глифосат) как наименее опасный по экологическим и токсикологическим показателям препарат. В некоторых вариантах опытов использовали также препараты арсенал (д. в. имазапир) и баста (д. в. глюфосинат). Все вопросы, связанные с применением арборицидов, решали в соответствии с опубликованными рекомендациями по листовым породам [2, 4–6, 9] и устными рекомендациями А.Б. Егорова. При отборе модельных деревьев и определении популяционных показателей стволовых насекомых использовали методики Е.Г. Мозолева, О.А. Катаева, Э.С. Соколовой, Б.Г. Поповичева [13, 19, 20]. Автор выражает благодарность М.Ю. Мандельштаму за помощь в определении видов короедов и хищных энтомофагов.

На наших опытных объектах стволовые насекомые неодинаково заселяли отмирающие в результате инъекции деревья ели и сосны. Проведенные исследования позволили выявить комплекс факторов, определяющих саму возможность и интенсивность заселения инъецированных деревьев. Эти факторы, показанные на схеме (см. рисунок), можно четко разделить на две категории: зависмые от исполнителя работы (которыми можно в той или иной степени управлять) и независмые. Эти факторы, как правило, оказывают и прямое, и опосредованное влияние на заселение деревьев насекомыми. Значение разных факторов неодинаково. Ниже приводится их краткая характеристика.

1. Технологические факторы. *Арборицид*. От выбора препарата зависит скорость отмирания дерева. Этот же фактор может влиять на качество корма, а также непосредственно на насекомых (контактно или через кишечник). Влияние арборицидов на качество корма подлежит детальному изучению. Наши предварительные наблюдения показали, что насекомые менее охотно селились непосредственно у насечек, в которые вводился арборицид. Выбор арборицида может существенно изменить поведение стволовых насекомых в насаждении, где проводится разреживание методом инъекции. Вероятно, предпочтение следует отдавать быстро действующим веществам, если они применяются во второй половине лета.



Факторы заселения стволовыми насекомыми инъецированных деревьев ели и сосны

При их использовании в начале вегетационного периода определенные виды насекомых могут заселить деревья в тот же сезон.

*Концентрация арборицида.* Чем она выше, тем быстрее отмирают инъецированные деревья (при прочих равных условиях). В данном случае должно быть определено рациональное соотношение между степенью разбавления химиката (а значит, и его стоимостью) и скоростью отмирания дерева.

*Число насечек.* Суть способа инъекции заключается во введении раствора арборицида в специально нанесенные на стволе насечки. С увеличением их числа деревья отмирают быстрее. Однако при этом возрастает трудоемкость работ и расход арборицида, поэтому необходимо стремиться к достаточному минимуму того и другого. Существует порог увеличения связанных между собой концентрации арборицида и числа насечек, после которого отмирание деревьев не ускоряется [15].

*Норма расхода арборицида.* Чем больше расход рабочего раствора арборицида на одну насечку (что возможно до известных пределов, когда арборицид начинает вытекать из насечек), тем быстрее отмирает дерево.

2. Диаметр дерева. Чем толще обработанное дерево, тем медленнее оно отмирает при прочих равных условиях, что отмечалось в наших опытах, а ранее другими авторами [15, 23 и др.]. Чем медленнее идет процесс отмирания деревьев, тем большее число видов насекомых поселяется на них [3]. Вместе с тем размер дерева и сам по себе влияет на видовой состав стволовых насекомых, их размещение по стволу и т. д., так как каждый вид кормобионтов занимает определенную экологическую нишу, обусловленную параметрами дерева и коры [1, 3, 8, 10, 11, 17, 20, 21]. Поскольку многие наиболее агрессивные виды (типограф *Ips typographus* L., двойник *I. duplicatus* Sahlb., многоходый короед *I. amitinus* Eichh., стенограф *I. sexdentatus* Börn., дендроктон *Dendroctonus micans* Kugel., большой *Tomicus piniperda* L. и малый *T. minor* Hart. сосновые лубоеды, черные хвойные усачи *Monochamus* sp., сосновая стволовая смолевка *Pissodes pini* L. и др.) предпочитают более крупные деревья (районы толстой, переходной или тонкой коры), то, очевидно, не следует подвергать инъекции деревья с диаметром больше среднего в насаждении, т. е., например, более 10 см. Это недопустимо и с лесоводственных позиций, так как отбор деревьев должен проводиться по низовому методу, с выборкой худших (отставших в росте и т. д.), имеющих, как правило, диаметр меньше среднего.

В наших опытах на инъецированных деревьях сосны диаметром менее 8 см поселялся большой сосновый лубоед лишь единично в самой нижней части стволов, а малый сосновый лубоед не поселялся на них вовсе, тогда как на деревьях диаметром более 8 см оба вида были обычны. Ю.П. Демаков [3] приводит минимальный диаметр заселенных деревьев сосны, отмирающих вследствие разных причин: для большого соснового лубоеда 3, для малого 6 см.

Инъецированные деревья ели малого диаметра (менее 4 см) в наших опытах заселялись стволовыми насекомыми с гораздо меньшей плотностью,

чем более крупные деревья, и поверхность была поражена меньше. Подобную тенденцию наблюдал О.А. Катаев [11, 12] на деревьях ели при их естественном отпаде.

3. Состояние дерева – это комплекс различных характеристик, включающих развитость кроны, наличие или отсутствие механических и иных повреждений, смоляное давление, водный режим дерева и др. Такие факторы не всегда можно выявить и оценить на глаз. Однако их влияние на скорость отмирания инъецированного дерева не вызывает сомнений. С одной стороны, можно выбрать для введения арборицида дерево, но с другой, нельзя изначально влиять на его состояние.

4. Условия местообитания – тип леса, а также топография участка (высота над уровнем моря, уклон и экспозиция). Тип леса влияет на видовой состав и наличие насекомых в насаждении, так как разные виды предпочитают разные условия обитания [1, 10, 11, 17 и др.]. Однако этот фактор представляется не таким значимым, как другие, поскольку для многих насекомых характерна широкая экологическая амплитуда [1, 3, 10, 14, 17 и др.]. Если варьирование лесорастительных условий небольшое, то этот фактор вообще не проявляет себя. Так, в наших опытах обыкновенный гравер *Pityogenes chalcographus* L. одинаково успешно заселял инъецированные деревья ели в ельниках кисличном и черничном, а также встречался на сосне в сосняке таволгово-кисличном осушенном. Тип леса, скорее всего, не влияет на скорость отмирания инъецированных деревьев [6]. Такой же вывод сделали И.В. Шутов и А.Н. Мартынов [23] по результатам опытов с опрыскиванием древесных пород препаратами 2,4-Д в разных лесорастительных условиях. Однако способы опрыскивания и инъекции принципиально различны и могут применяться в совершенно разных условиях. Поэтому данный вопрос нуждается в дополнительных исследованиях.

5. Календарное время проведения инъекции влияет на срок отмирания дерева (т. е. не на временной интервал, за который отмирает дерево, а на временную точку (дату), к которой это происходит), а значит, на то, совпадет ли привлекательность дерева со временем лета тех или иных видов стволовых насекомых. По О.А. Катаеву [11], ветровал, возникший в середине лета, в первый год если и заселяется, то второстепенными видами, и на следующий год становится непривлекательным для агрессивных видов. Это очень важный фактор, с помощью которого можно регулировать заселение инъецированных деревьев стволовыми насекомыми.

По Ю.П. Демакову [3], большое влияние на процесс заселения деревьев стволовыми насекомыми оказывают время и стрессовые нагрузки на древостой, а также активность отдельных видов насекомых. Деревья, быстро отмирающие под воздействием мощного стресса, слабо заселяются стволовыми насекомыми или не заселяются совсем. Такая картина отмечена в древостоях, поврежденных верховыми или устойчивыми низовыми пожарами.

Существует мнение о различии чувствительности древесных пород к арборицидам в зависимости от сроков обработки [15, 23]. В опытах

С.А. Красикова [15] эффективность инъекции деревьев лиственных пород препаратом угал (д. в. глифосат) была более или менее одинаковой в период активной вегетации с середины июня до середины августа. Это довольно большой срок с точки зрения лёта стволовых насекомых, и видовой состав последних может в течение этого срока существенно меняться. В данном случае, как можно видеть, гораздо важнее не скорость отмирания дерева, остающаяся примерно одной и той же, а время, к которому дерево отмирает. С учетом этого мы различаем понятия «чувствительность древесных пород к арборицидам» и «скорость отмирания», поэтому в схеме стрелка от календарного времени инъекции идет непосредственно к видовому составу и количеству насекомых, а не к скорости отмирания дерева. В принципе, изменяя сроки проведения инъекции, мы можем изменять сроки отмирания деревьев, а следовательно, и заселение их теми или иными насекомыми.

6. Число инъецированных деревьев на единице площади влияет на привлекательность участка для стволовых насекомых. Чем больше деревьев на единице площади, тем, вероятно, сильнее их привлекательность (до известных пределов, когда площади обработки невелики). При больших размерах участка насекомые могут рассеиваться по нему, заселяя деревья менее плотно (если насекомых недостаточно, чтобы заселить его равномерно). Этот фактор можно выразить иначе – через площадь участка, где предполагается проводить инъекцию. По мнению Е.Г. Мозолева [18], размер участка с ослабленными каким-либо воздействием деревьями влияет на площадь, с которой стволовые насекомые слетаются на участок, а значит, и на численность насекомых.

При наличии в биотопе большого числа ослабленных деревьев, как отмечает Ю.П. Демаков [3], насекомые сильно рассеиваются в насаждениях. При этом часть деревьев текущего отпада остается не заселенной стволовыми насекомыми, которые размещаются в основном на небольшом числе наиболее подходящих для развития кормовых объектов. Агрегация численности организмов, как считает Ю.П. Демаков, обусловлена главным образом пространственной неоднородностью структуры их кормовой базы.

7. Погодные условия сезона благоприятствуют или не благоприятствуют лёту стволовых насекомых, могут задержать его или ускорить. Кроме того, они влияют на ориентацию насекомых по отношению к кормовым объектам [1, 10, 11, 17 и др.].

8. Наличие стволовых насекомых в древостоях. При обилии стволовых насекомых в древостоях они могут сильнее заселить инъецированные деревья. Если же их нет, то заселения можно избежать. Здесь надо принимать во внимание видовой состав насекомых, поскольку только агрессивные виды могут быть опасны [12]. Второстепенные же виды («важная фауна»), как было сказано выше, являются естественными деструкторами отпада.

9. Наличие естественно ослабленных и отмирающих деревьев в древостоях. При наличии некоторого количества такие деревья могут «отвлечь» на себя часть стволовых насекомых [11], и заселение инъецированных деревьев снизится. Отсюда, естественно, не следует, что надо искусственно создавать подобные отвлекающие деревья вблизи участков с инъекцией. Если древостой, в котором планируется разреживание, ослаблен (например подтоплен), от проведения инъекции лучше воздержаться, поскольку возможно пополнение кормовой базы насекомых и заселение ими остающихся ослабленных деревьев.

Кроме указанных факторов, на развитие насекомых уже непосредственно в тканях дерева могут оказывать влияние естественные враги – энтомофаги и насекомоядные птицы. Присутствующие энтомофаги, как нам видится, не будут играть существенной роли в ограничении численности стволовых насекомых, поселяющихся на инъецированных деревьях, так как химический уход методом инъекции является разовым мероприятием, и пополнения кормовой базы стволовых насекомых (т. е. инъецированных деревьев) не происходит. Энтомофаги просто не успеют оказать серьезное давление на стволовых насекомых. Насекомоядные птицы в некоторой степени могут сократить численность короедов (мы наблюдали это на инъецированных соснах по отношению к большому сосновому лубоеду), в основном за счет отпадения коры [11]. Успешное питание дятлов личинками лубоеда *Dendroctonus ponderosae* Норк. на инъецированных глифосатом соснах наблюдали D.J. Bergvinson и J.H. Borden [24]. В целом роль птиц также может быть отнесена к второстепенной.

При дополнительном питании сосновые лубоеды могут повреждать побеги сосны путем «стрижки», причем в литературе приводятся данные как о значительном ущербе [11], так и об отсутствии решающего воздействия на окружающие древостои [22]. В нашем эксперименте влияние дополнительного питания сосновых лубоедов на участках с инъекцией было несущественным.

Приведенная схема включает наиболее значимые факторы. В числе других менее весомых факторов могут быть форма насечек, расстояние от поверхности земли до насечек и др. Расстояние от земли до насечек и глубина насечки в опытах С.А. Красикова [15] не влияли на результат обработки лиственных деревьев. В конечном итоге на успешность заселения инъецированных деревьев стволовыми насекомыми существенно влияют качество и количество корма. Как отмечают многие авторы, это одно из самых важных условий расселения насекомых [3, 10, 11, 17, 28 и др.]. В нашем опыте увеличение количества корма очевидно, а изменение его качества пока не установлено. Наверное, существуют и другие факторы, не отраженные в схеме, поскольку взаимоотношение стволовых насекомых с кормовыми объектами весьма многогранно. Приведенная схема, очевидно, может быть использована и в отношении деревьев других пород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронцов А.И.* Лесная энтомология. – М.: Высш. шк., 1982. – 384 с.
2. Временное руководство по инъекции арборицидов в стволы лиственных пород для предотвращения их возобновления на вырубках / В.П. Бельков, А.Б. Егоров, В.И. Васильев. – М., 1998. – 8 с.
3. *Демаков Ю.П.* Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.
4. *Егоров А.Б.* Способ инъекции арборицидов в стволы деревьев в зарубежных странах // Лесное хозяйство за рубежом: Экспресс-информ. – М.: ВНИИЦлесресурс Госкомлеса СССР, 1989. – Вып. 11. – С. 2–22.
5. *Егоров А.Б.* Восстановление хвойных лесов регулированием состава и строения фитоценозов химическим способом: современное состояние и перспективы развития // Современные проблемы и эффективность регулирования фитоценозов в лесном хозяйстве: Тр. СПбНИИЛХ. – СПб., 1999. – С. 9–23.
6. *Егоров А.Б.* Арсенал – эффективный арборицид для применения способом инъекции в стволы деревьев // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 4. – С. 53–54.
7. *Егоров А.Б.* Воспроизводство хозяйственно ценных лесов с применением химического метода: история, современное состояние и перспективы развития // Тр. СПбНИИЛХ. – СПб., 2000. – Вып. 2 (3). – С. 18–33.
8. *Ильинский А.И.* Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними // Сб. работ по лесн. хоз-ву ВНИИЛМ.– М.; Л.: Гослесбуиздат, 1958. – Вып. 36. – С. 178–228.
9. Инъекция арборицидов в стволы осины для предотвращения ее вегетативного возобновления на вырубках: Метод. рекомендации / В.П. Бельков, А.Б. Егоров, В.М. Степанов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1991. – 20 с.
10. *Исаев А.С., Гирс Г.И.* Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов. – Новосибирск: Наука, 1975. – 348 с.
11. *Катаев О.А.* Особенности размножения стволовых насекомых в ельниках // Лесная энтомология: Тр. ВЭО.– Л.: Наука, 1983. – Т. 65. – С. 54–108.
12. *Катаев О.А.* Динамика естественного отпада в древостоях ели // Лесоведение. – 1990. – № 6. – С. 33–40.
13. *Катаев О.А., Поповичев Б.Г.* Лесопатологические обследования для изучения стволовых насекомых в хвойных древостоях: Учеб. пособие. – СПб.: СПбЛТА, 2001. – 72 с.
14. *Коломиец Н.Г., Богданова Д.А.* Большой еловый лубоед в сосновых лесах Сибири. – Новосибирск: Наука, 1999. – 112 с.
15. *Красиков С.А.* Факторы эффективности применения арборицидов способом инъекции // Химический уход за лесом: Сб. науч. тр. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1987. – С. 127–135.
16. *Мартынов А.Н., Красновидов А.Н., Фомин А.В.* Применение раундапа в лесу. – СПб: СПбНИИЛХ, 1998. – 148 с.
17. *Маслов А.Д., Кутеев Ф.С., Прибылова М.В.* Стволовые вредители леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 144 с.
18. *Мозолевская Е.Г.* Особенности освоения кормовых ресурсов насекомыми-ксилофагами // Лесоведение. – 1979. – № 6. – С. 37–43.
19. *Мозолевская Е.Г.* Методы изучения параметров популяций короедов для целей мониторинга: Методич. указания к УИРС и НИРС по курсам «Технология лесозащиты» и «Лесной мониторинг». – М.: МЛТИ, 1990. – 35 с.

20. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 152 с.

21. Трофимов В.Н. Группы ксилофагов по размещению их поселений на стволе // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: Науч. тр. – М.: МГУЛ, 2001. – Вып. 307 (1). – С. 25–29.

22. Федоренко С.И. Особенности заселения древостоев насекомыми-ксилофагами на границе лесосек и ветровальников // Проблемы энтомологии в России: Сб. науч. тр. XI съезда РЭО (23–26 сент. 1997 г., С.-Петербург). – СПб.: ЗИН РАН, 1998. – Т. 2. – С. 180–182.

23. Шутов И.В., Мартынов А.Н. Применение арборицидов в лесу. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 208 с.

24. Bergvinson D.J., Borden J.H. Enhanced woodpecker predation on the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopk., in glyphosate-treated lodgepole pines // Can. Ent. – 1992. – Vol. 124, N 1. – P. 159–165.

25. Campbell R.A. Herbicide use for forest management in Canada: where we are and where we are going // Forestry Chronicle. – 1990. – Vol. 66, N 4. – P. 355–360.

26. Heilman P. Thinning method and response to urea in Douglas-fir // Forest science. – 1975. – Vol. 21, N 4. – P. 418–420.

27. Newton M. Residues from organic arsenical herbicides in chemically thinned forests // J. Environ. Qual. – 1986. – Vol. 15, N 4. – P. 388–394.

28. Wright L.C., Berryman A.A., Wickman B.E. Abundance of the fir engraver, *Scolytus ventralis*, and the Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae*, following tree defoliation by the Douglas-fir tussock moth, *Orgyia pseudotsugata* // Can. Ent. – 1984. – Vol. 116, N3. – P. 293–305.

СПбНИИЛХ

Поступила 18.01.02

R. V. Vlasov

### Factors of Trunk Insects Colonization of Spruce and Pine at Thinning by Chemical Method

The factors influencing the trunk insects' colonization of spruce and pine injected with arboricide for thinning overstocked young stands have been revealed. The significance of particular factors in relation to trunk entomo-complex formation has been analyzed.

УДК 630\*443

**С.Ю. Кондаков, Л.С. Шиков**

Кондаков Сергей Юрьевич родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Сибирский технологический институт, межрайонный инженер-лесопатолог Центра защиты леса Красноярского края. Область научных интересов – лесознтомологический мониторинг, организация и прогнозирование лесопатологической ситуации в лесах Красноярского края.



### **ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ НАДЗОРА ЗА РАКОМ- СЕРЯНКОЙ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ**

Показаны методы и способы надзора за раком-серянкой, оптимальные места проведения рекогносцировочного надзора в сосняках для выявления ее очагов. Предложены дополнительные признаки по определению категории состояния пораженных деревьев. Рассмотрен опыт проведения санитарно-оздоровительных мероприятий.

Ключевые слова: рак-серянка, санитарно-оздоровительные мероприятия, категории состояния, лесопатологическое обследование, надзор.

В последние годы при проведении лесопатологических обследований в сосновых насаждениях выявляются очаги рака-серянки. Это серьезное заболевание поражает сосновые леса, приводит к снижению общего прироста, ослаблению деревьев, суховершинности и усыханию сосны, уменьшению выхода деловой древесины. Патологический процесс развивается в течение ряда лет, и очаги носят хронический характер.

На юге и в центральной части Красноярского края поражение, как правило отмечается в древостоях с высокой техногенной и антропогенной нагрузкой. Это подтверждают полученные ранее данные [4, 8].

В течение 10 лет в зеленой зоне Красноярска, на территории Красноярского и Маганского лесхозов, и в 1999 г. в заповеднике «Столбы» мы проводили маршрутные лесопатологические обследования сосняков по стандартным методикам. Распространение рака-серянки выявляли на пробных площадях и при глазомерной лесопатологической таксации.

Для своевременного выявления очагов этого фитозаболевания нами предложена система надзора, которая включает регулярное общее, рекогносцировочное, детальное обследование и прогноз распространения инфекции.

При общем надзоре устанавливают изменения в состоянии сосновых насаждений. При обнаружении куртин с засохшими, усыхающими, ослабленными деревьями лесники оформляют листок сигнализации. Лесничий, получив сообщение, проверяет его и пишет акт о наличии патологии леса. На основании листка сигнализации и акта из лесничества инженерно-технические работники лесхозов под руководством главного лесничего составляют заявку на проведение лесопатологического обследования. На ос-

новании заявки межрайонный инженер-лесопатолог обследует сосновые насаждения, определяет патологию леса, устанавливает заболевание и выдает рекомендации на проведение санитарно-оздоровительных мероприятий.

Признаками поражения раком-серянкой являются выступающие на поверхности желваки, подтеки живицы (смолы), которые затем чернеют. Кора в местах поражения шелушится и отпадает, древесина темная и засмоленная, цвет хвои от бледно-зеленого до желтого. При расположении раны в верхней или средней частях кроны у дерева отмирает вершина. При сильном развитии раковых язв в нижней части кроны или под нею, когда они охватывают более 2/3 окружности ствола, деревья усыхают полностью.

Рекогносцировочный надзор целесообразно проводить на маршрутах и временных пробных площадях, заложенных в пораженных насаждениях. Пробы закладывают в местах, характерных для распространения фитозаболеваний типа рак-серянка. В Красноярском крае это вершины и крутые прямые склоны сопки с сухими, свежими, влажноватыми, простыми и сложными субориями на супесчаных светло-серых и серых лесных почвах, а также на узких плакорах, прилегающих к вершинам сопки с сухими борами и влажноватыми субориями, и вогнутых, покатых и пологих склонах южной и западной экспозиций, сложенных рыхлыми песками с дюнами с преобладанием сухих и свежих боров. Очаги рака-серянки формируются в основном в средневозрастных и приспевающих сосняках полнотой до 0,5, 0,5 ... 0,7 и более, II и III классов бонитета, типы леса – сосняки разнотравные, осочково-брусничниковые и осочково-разнотравные. Состав от 6 до 8 единиц сосны, 2 единицы березы и 1-2 единицы осины. Первоначальное заражение происходит в 30–60-летних насаждениях. По данным В.В. Тарасовой и А.А. Гуковой [7], в Красноярской лесостепи повреждение раком-серянкой 30-летних географических культур сосны варьирует от 1,5 до 3,8 %. Чем старше насаждения, тем больше они подвержены поражению раком-серянкой. Исследования, проведенные Б.П. Чураковым в ленточных борах Алтая, показали, что в приспевающих и спелых сосновых насаждениях более 90 % пораженных деревьев имеют сухие вершины [8].

При рекогносцировочном надзоре лесопатологическая таксация проводится на временных пробных площадях, на которых учитывается не менее 100 модельных деревьев изучаемой породы.

В соответствии с рекомендациями П.Н. Тальмана и О.А. Катаева [6] и положениями Инструкции по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР [3] на маршрутных ходах и пробах рекогносцировочного надзора производят глазомерную лесопатологическую таксацию и учет деревьев на непровешенной ходовой линии или закладывают круговые площадки с последующим распределением моделей по категориям состояния согласно Санитарным правилам в лесах РФ [5].

Нами предложены дополнительные признаки для выявления поражения сосновых насаждений раком-серянкой и определения категорий состояния. Для деревьев второй категории состояния это пониженный прирост

по высоте и диаметру, разреженная крона и бледно-зеленая хвоя; третьей – суховершинность; четвертой – раны в верхней или средней частях кроны, отмирание вершины; пятой – сильное развитие раковых язв (ран) в нижней части кроны или под кроной, при котором они охватывают более 2/3 окружности ствола и от 1 до 2 м и более по его длине, желтая хвоя и полное усыхание деревьев в дальнейшем. При определении категории состояния пораженных деревьев целесообразно использовать схему расположения ран, предложенную П.И. Жоховым [2].

Чтобы установить процент заражения раком-серянкой, необходимо число деревьев третьей – шестой категорий состояния разделить на общее их число и умножить на 100. Рекогносцировочный надзор, проводимый лесной охраной лесхозов, позволяет своевременно выявить очаги заболевания.

Для разработки прогноза вероятного изменения санитарного состояния деревьев и последующего проектирования оздоровительных мероприятий следует в пораженных насаждениях провести детальный лесопатологический надзор. Для этого закладывают постоянные пробные площади размером 50 × 50 м, которые должны включать не менее 100 деревьев изучаемой породы. Все деревья на пробе нумеруют и подписывают краской. Производят сплошной пересчет, на основании которого модельные деревья относят к той или иной категории состояния согласно основным и дополнительным признакам. На пробных площадях специалисты лесозащиты, межрайонные инженеры-лесопатологи анализируют модельные деревья различных категорий и определяют степень санитарного состояния деревьев – средний балл по формуле

$$\text{Средний балл} = \frac{1H_1 + 2H_2 + \dots + 6H_6}{\sum H},$$

где 1, 2, ..., 6 – номер категории состояния деревьев;

$H_1, H_2, \dots, H_6$  – число деревьев соответствующей категории состояния;

$\sum H$  – общее число деревьев на пробной площади.

На пробах детального надзора устанавливают процент поражения раком-серянкой и динамику усыхания деревьев. Определяют переход деревьев из первой категории состояния во вторую, из второй в третью, из третьей в четвертую и т. д. по годам и число деревьев, которое требуется вырубить при санитарных рубках, объемы и количество выбираемой древесины. Детальный надзор проводят в летний период перед выполнением санитарно-оздоровительных мероприятий, а также в течение 10 лет после них.

Лесопатологические обследования и надзор за раком-серянкой в сосновых насаждениях Идринского лесхоза (Краснотуранское лесничество) и Красноярского лесхоза (Вознесенское и Советское лесничества) показали, что деревья четвертой категории составляют от 10 до 40, третьей – 30 %.

В пораженных сосновых насаждениях были запроектированы и проведены выборочные санитарные рубки. Опыт применения таких мероприя-

тий в очагах рака-серянки в лесхозах Красноярского края свидетельствует, что выборка 20 ... 30 % надежно предотвращает распространение заболевания. При единичном распространении рака-серянки целесообразно пораженные деревья выбирать при рубках ухода в лесу.

Исследования, проведенные летом 1999 г. в заповеднике «Столбы» (Столбинское лесничество), показали, что средний балл санитарного состояния насаждений варьирует от 2,06 до 3,38, что соответствует удовлетворительной оценке. Это подтверждается данными, полученными ранее В.И. Власенко и Т.М. Овчиниковой [1]. Доля деревьев четвертой и пятой категорий состояния, пораженных раком-серянкой на пробах, равна 13 %. У деревьев третьей категории отмечено усыхание вершин. Раны на стволах достигают  $\frac{1}{2}$  диаметра ствола и 1 м по высоте. Доля деревьев этой категории на пробах составляет 8 %. Для предупреждения распространения рака-серянки на территории заповедника «Столбы» целесообразно производить выборку единично пораженных деревьев, как правило, четвертой, пятой и шестой категорий санитарного состояния.

Для профилактики и предупреждения распространения рака-серянки в сосновых насаждениях целесообразно руководствоваться требованиями «Санитарных правил в лесах Российской Федерации» [5], не допуская чрезмерного изреживания ниже полнот 0,7–0,8 и травмирования деревьев.

Организация и проведение системы надзора за развитием гриба в сосновых насаждениях позволяют выявлять фитоинфекцию на ранних стадиях поражения и вовремя назначать санитарно-оздоровительные мероприятия, тем самым поддерживать фитопатологическое состояние сосновых лесов на должном уровне в соответствии с требованиями «Санитарных правил ...» и других регламентирующих документов в области лесозащиты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко В.И., Овчиикова Т.М. Результаты мониторинга состояния лесов заповедника «Столбы» // Лесоведение. – 1999. – № 2.
2. Жохов П.И. Пособие по лесозащите. – М., 1975. – 294 с.
3. Инструкция по экспедиционному лесопатологическому обследованию лесов СССР. – М., 1983.
4. Маслов А.Д. и др. Защита леса от вредителей и болезней: Справочник. – М., 1988. – 421 с.
5. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М., 1998. – 20 с.
6. Тальман П.Н., Катаев О.А. Методы лесопатологического обследования. – Л.: ВЗЛТИ, 1964. – 120 с.
7. Тарасова В.В., Гукова А.А. Поражение географических культур сосны в Красноярской лесостепи раком-серянкой // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 1999. – С. 91–92.

---

8. Чураков Б.П. Грибы и грибные болезни сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края. – Иркутск, 1983. – 150 с.

Центр защиты леса Красноярского края  
Западное лесоустроительное предприятие

Поступила 19.06.01

*S.Yu. Kondakov, L.S. Shikov*

### **Organizing and Monitoring *Cronartium Flaccidum* in Pine Stands**

Methods and ways of monitoring *Cronartium flaccidum* are shown as well as optimal places of holding reconnaissance monitoring in pine stands for revealing its focus. Additional features have been proposed for detecting the state category of the infested trees. The experience of taking sanitary measures is provided.

---

УДК 630\*232.337

*Д.Г. Мясищев*

Мясищев Дмитрий Геннадьевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных машин Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области создания и исследования мобильных специальных машин лесного комплекса.



### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ МП-5 «УРАЛ» В СОСТАВЕ МОТОБЛОКА**

Предложена методика определения динамической характеристики по удельному эффективному расходу топлива двигателя МП-5 «Урал». Последний рассмотрен в качестве силовой установки мотоблока с лесохозяйственными почвообрабатывающими орудиями при функционировании на лесных фонах.

Ключевые слова: динамическая характеристика, мотоблок, почвообрабатывающие орудия.

Реальные режимы нагружения двигателей почвообрабатывающих машин различного назначения имеют резко переменный, неустановившийся характер. Это объясняется неоднородностью свойств почвы на протяжении технологического гона. Результатом являются колебания частоты вращения коленчатого вала, а значит, его знакопеременные угловые ускорения. В полной мере это относится к малогабаритным агрегатам на шасси мотоблока, например мотоплугам и мотокультиваторам.

В связи с указанными особенностями оценка эффективных показателей двигателей по статическим внешним скоростным характеристикам оказывается весьма приближительной. Возможность корректно прогнозировать данные показатели для действительных технологических фонов – важная проектная и эксплуатационная проблема.

Мотоорудия для лесохозяйственной обработки почвы подвержены случайным воздействиям, особенно при работе на целинных участках. Поэтому решение отмеченной проблемы должно базироваться на вероятностной природе процессов рассматриваемых машин. Ниже речь пойдет о работе почвообрабатывающего шлейфа экспериментального мотоблока «Сиверко» [4] с двигателем бензопилы МП-5 «Урал».

Удельный эффективный расход топлива карбюраторного двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора в неустановившемся режиме нагружения определяют по формуле [1, 6]

$$q_{ен} = q_{ey} + \sigma j, \quad (1)$$

где  $q_{ен}$  – искомый показатель, г/(кВт·ч);

$q_{ey}$  – удельный эффективный расход топлива по статической внешней скоростной характеристике двигателя для текущего значения частоты вращения коленчатого вала, г/(кВт·ч);

$j$  – знакопеременное ускорение вала, рад/с<sup>2</sup>;

$\sigma$  – постоянный для данного двигателя коэффициент.

Определение последнего является задачей предлагаемого исследования. При этом возможен следующий расчетно-эмпирический подход. Предположим, для данного мотоорудия в известном технологическом процессе обработки почвы за время  $T_n$  экспериментально получен расход топлива  $Q_n$ . Протяженность гона измерена. В течение некоторого промежутка времени  $T$  осуществлялась осциллографическая запись процесса изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Пусть входной процесс воздействия от предмета труда (почвы) на динамическую систему агрегата стационарен и эргодичен, а распределение вероятностей текущих величин возмущения имеет гауссовскую закономерность. Тогда, ввиду линейности и стационарности системы мотоорудия [3], справедливо предположить, что распределение вероятностей текущих значений расхода топлива в единицу времени также нормально. Значит, оценка математического ожидания этого показателя  $m_{Q_n}$  (г/с, кг/ч):

$$m_{Q_n} = \frac{Q_i}{T_i}. \quad (2)$$

Таким образом, расход топлива в ходе осциллографирования процесса может быть оценен по формуле

$$Q_{н.т} = m_{Q_n} T. \quad (3)$$

С другой стороны, этот показатель равен:

$$Q_{н.т} = \sum_{i=1}^k q_{ei} t_i N_{ei}, \quad (4)$$

где  $k$  – число интервалов дискретизации времени  $T$ ;

$q_{eni}$  – среднее значение динамического удельного эффективного расхода топлива на интервале  $t_i$ , г/(кВт·ч);

$t_i$  – достаточно малый промежуток времени из продолжительности опыта  $T$ ;

$N_{eni}$  – среднее значение динамической эффективной мощности на интервале  $t_i$ , кВт.

С учетом формулы (1) находим

$$Q_{н.т} = \sum_{i=1}^k (q_{eyi} + \sigma j_i) t_i N_{ei}, \quad (5)$$

где  $q_{eyi}$  – статический удельный эффективный расход топлива для средней частоты вращения коленчатого вала  $n_i$  на данном интервале  $t_i$

(статическая внешняя скоростная характеристика двигателя МП-5 «Урал» известна [2]);

$j_i$  – среднее значение углового ускорения коленчатого вала в интервале  $t_i$ .

Имея динамическую внешнюю характеристику двигателя по эффективной мощности  $N_{ен}$ , осциллографическую запись процесса изменения угловой скорости коленчатого вала в ходе технологической операции и величину  $Q_{н.т.}$ , можно решить задачу определения  $\sigma$ .

Используя результаты исследований [2, 5], получаем зависимость для  $N_{ен}$  (кВт):

$$N_{ен} = N_{ey} - \frac{an}{9550} j, \quad (6)$$

где  $N_{ey}$  – статическая эффективная мощность по внешней скоростной характеристике, кВт;

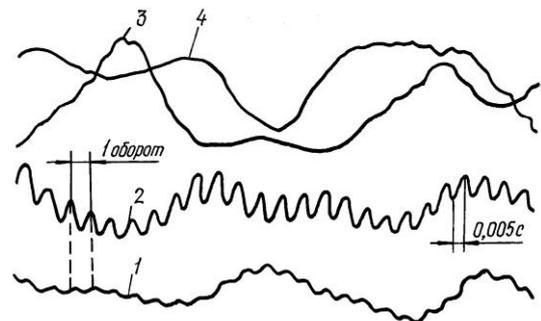
$n$  – текущая частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$a$  – постоянный коэффициент для двигателя,  $a = 0,004$ .

Для выявления необходимых эмпирических данных в период 2000–2001 гг. в АГТУ с СевНИИЛХе был осуществлен комплекс экспериментальных лабораторно-полевых исследований лесохозяйственного мотоблока «Сиверко» с технологическим шлейфом. Основываясь на данных [3], в качестве входного воздействия рассматривали процесс изменения твердости почвы в обрабатываемом горизонте исследуемого фона. Полученные результаты подтвердили стационарность и эргодичность данного процесса и подчинение распределения вероятностей текущих (измеряемых) значений названного показателя нормальному закону. Это укрепило целесообразность применения изложенного расчетно-эмпирического подхода.

Разработанный комплект регистрирующей аппаратуры позволил определить все отмеченные ранее опытные предпосылки. Так, например, на

Осциллограмма вибрационных процессов некоторых элементов мотокультиватора: 1, 2 – соответственно поперечные и продольные колебания двигателя; 3, 4 – горизонтальные и вертикальные локальные вибрации на рукоятке мотоорудия



рисунке представлен фрагмент осциллограммы, интерпретирующей процесс изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя мотоорудия в ходе технологической операции.

В таблице приведены основные итоги проведенной работы.

| Агрегат         | Технологическая операция                           | $T$ , с | $t_i$ , с | $m_{Q_{н.т}}$ , кг/ч | $Q_{н.т}$ , Г | $\sigma$ |
|-----------------|----------------------------------------------------|---------|-----------|----------------------|---------------|----------|
| Мотоплуг        | Прокладка противопожарной полосы вдоль кромки леса | 14,9    | 0,21      | 2,2                  | 9             | 0,3      |
| Мотокультиватор | Минерализация почвы на целинной лесной поляне      | 14,1    | 0,16      | 2,3                  | 9             | 0,3      |

Аналогичность итоговых значений  $\sigma$  для различных мотоорудий с однотипным двигателем в разнообразных технологических процессах указывает на приемлемость полученных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акатов Е.И.* и др. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме / Е.И. Акатов, П.М. Белов, Н.Х. Дьяченко, В.С. Мусатов. – Л.: Машгиз, 1960. – 248 с.
2. *Лабинев А.В., Мазуркин П.М.* О параметрах сменных кусторезов с автономным приводом // Повышение эффективности работы машин лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 1997. – С. 72–79.
3. *Лурье А.Б.* Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1981. – 382 с.
4. *Мясищев Д.Г., Сенников М.А., Ровняков А.А.* АЛТИ – земледельцам // Лесн. пром-сть. – 1990. – № 10. – С. 8.
5. *Полищук А.П.* и др. Моторные инструменты для лесозаготовок: теория, конструкция, эксплуатация / А.П. Полищук, Д.К. Шмаков, В.С. Кретов и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1970 – 232 с.
6. *Хачиян А.С.* и др. Двигатели внутреннего сгорания / А.С. Хачиян, К.А. Морозов, В.И. Трусов и др. – М.: Высш. шк., 1978. – 280 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 18.03.02

*D.G. Myasishchev*

#### **Determination of Dynamic Behavior of MP-5 "Ural" Engine Entering Motor-block**

Technique of determining dynamic behavior based on fuel rate of MP-5 "Ural" engine is offered. The engine is treated as a power plant of a motor-block with forestry tillers when operating in the forest sites.

УДК 630\* 432.0

**Ю. Т. Цай**

Цай Юрий Тимофеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Красноярский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий научным отделом организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза, академик МАНЭБ. Имеет около 110 печатных работ в области механизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, организации лесопожарных работ, охраны труда и безопасности жизнедеятельности лесных пожарных.



### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ЛЕСНОГО ПОЖАРА**

Изложена методика определения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны лесного пожара. Приведены формулы для расчета необходимого числа измерений, средней квадратичной ошибки, точности измерений. Дан графоаналитический метод обработки данных.

Ключевые слова: методика, концентрация, вредные газы, опасные факторы, лесной пожар.

ВНИИПОМлесхоз проводит исследования, связанные с охраной труда и безопасностью лесных пожарных. Их работа характеризуется тяжелыми физическими нагрузками, психофизиологическим напряжением и дискомфортными условиями проживания. Установлено [1, 5], что уровень травматизма и профессиональной заболеваемости лесных пожарных является одним из самых высоких в лесной отрасли, и явного снижения его в последнем десятилетии не наблюдалось. Поэтому так актуальна задача повышения эффективности труда и безопасности людей.

При тушении лесного пожара на человека действует ряд опасных факторов: высокая температура воздуха рабочей зоны, тепловое облучение, задымленность воздуха и недостаток кислорода. Измерение и оценка этих факторов преследуют цель установить соответствие фактических значений гигиеническим нормативам и отнести условия труда лесных пожарных к определенному классу вредности и опасности как отдельно по каждому фактору, так и при их сочетании; основные требования к индивидуальным средствам защиты; связь состояния здоровья работающих с условиями труда; разработать мероприятия по их улучшению.

Согласно гигиеническим критериям условия труда подразделяются на четыре класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные [2, 3].

В соответствии с нормативами сумма отношений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны к их ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{\tilde{N}_1}{\dot{PDK}_1} + \frac{\tilde{N}_2}{\dot{PDK}_2} + \dots + \frac{\tilde{N}_n}{\dot{PDK}_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – фактическая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны;

$PDK_1, PDK_2, \dots, PDK_n$  – ПДК тех же веществ.

Необходимое число измерений  $n$  для достижения требуемых точности и надежности можно определить заранее только в том случае, если известна средняя квадратическая ошибка измерений  $\delta$  [4]. Число измерений определяют по формуле

$$n \geq \left[ \frac{t(\rho)}{\xi} \right] \delta^2,$$

где  $\rho$  – надежность измерений;

$\xi$  – доверительная оценка при известной точности измерений.

Если средняя квадратическая ошибка неизвестна, то число измерений определяют в зависимости от их надежности  $\rho$  и точности  $g$  по таблице.

В качестве показателя точности измерений (точности прибора) применяют средний квадрат отклонения результатов измерений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  от значения  $a$ :

$$\delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - a)^2,$$

где  $x_i$  –  $i$ -е измерение;

$a$  – средневзвешенное арифметическое значение.

| $g$  | Число измерений при $\rho$ |      |      |      |       |
|------|----------------------------|------|------|------|-------|
|      | 0,90                       | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 1,0  | 5                          | 7    | 9    | 11   | 17    |
| 0,5  | 13                         | 18   | 25   | 31   | 50    |
| 0,4  | 19                         | 27   | 37   | 46   | 74    |
| 0,3  | 32                         | 46   | 64   | 78   | 127   |
| 0,2  | 70                         | 99   | 139  | 171  | 277   |
| 0,1  | 273                        | 387  | 545  | 668  | 1089  |
| 0,05 | 1084                       | 1540 | 2168 | 2659 | 4338  |

Если одним и тем же прибором производят  $m$  серий измерений (различных величин), то в качестве оценки дисперсии применяют среднее взвешенное из эмпирических дисперсий:

$$\delta^2 = \frac{(n_1 - 1) \hat{s}_1 + (n_2 - 1) \hat{s}_2 + \dots + (n_m - 1) \hat{s}_m}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + \dots + (n_m - 1)},$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_m$  – число измерений в сериях;

$s_1, s_2, \dots, s_m$  – соответствующие эмпирические дисперсии.

Эта формула практически позволяет использовать больше информации, что повышает ее надежность.

При эмпирическом (экспериментальном) изучении функциональной зависимости одной величины  $y$  от другой  $x$  производят ряд измерений  $y$  при различных значениях  $x$ . Зависимость будет тем точнее и надежнее, чем больше полученной информации. В качестве эмпирической обычно выбирают одну из формул определенного типа, например  $y = ax + b$ ;  $y = ae^{cx} + c$ ;  $y = a + b \sin(\omega x + 1)$  и др. Задача сводится к определению параметров формулы. Обозначим выбранную функциональную зависимость через  $y = f(x; a_0, a_1, \dots, a_n)$  с указанием всех параметров, подлежащих определению.

В нашем случае измерения опасных факторов лесного пожара проводят приборами с постоянной точностью, т. е. все измерения значений функций  $y_1, y_2, \dots, y_n$  произведены с одинаковой точностью. Параметры  $a_0, a_1, \dots, a_n$  оценивают из условия, чтобы сумма квадратов отклонений измеренных значений  $y_k$  от расчетных  $\psi(x_k; a_0, a_1, \dots, a_n)$ , т.е. величина

$$s = \sum_{k=1}^N [y_k - \psi(x_k; a_0, a_1, \dots, a_n)]^2,$$

принимала наименьшее значение.

Экспериментальные исследования основных поражающих факторов лесного пожара проводят на опытном участке в Мининском опытно-механизированном лесхозе и на действующих лесных пожарах в таежных условиях Сибири. На опытных участках поджигают напочвенные горючие материалы, устанавливают тип лесного пожара, температуру и влажность окружающей среды, скорость распространения кромки пожара. Определяют основные поражающие факторы на расстоянии 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м от кромки лесного пожара.

Температуру измеряют инфракрасным термометром «Raytek», содержание угарного газа – газоанализатором АНКАТ-7664-01. Результаты замеров заносят в таблицы. Если замер  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  прибором невозможен, используют метод отбора проб, т. е. в емкости закачивают вредные вещества и в стационарных условиях на приборах определяют их содержание. Среднесменные концентрации измеряют как для лесных пожарных, так и для руководителей, инструкторов, которые по характеру работы могут подвергаться воздействию опасных факторов.

Измерение концентраций приборами индивидуального контроля проводится при непрерывном или последовательном отборе в течение всей смены или не менее 75 % ее продолжительности, охватывает все производственные операции, включая перерывы (нерегламентированные), пребывание в операторных и др. Число отобранных за смену проб зависит от концентрации вещества в воздухе. Для достоверной характеристики воздушной среды необходимо получить данные не менее чем по трем сменам.

Среднесменную концентрацию определяют с учетом всех технологических операций (основные и вспомогательные) и перерывов в работе. Число проб при этом зависит от числа технологических операций, их длительности и, как правило, должно быть не менее пяти. Среднесменную концентрацию рассчитывают как средневзвешенную во времени смены или оп-

ределяют на основе обработки результатов измерений графоаналитическим методом.

Все операции технологического процесса, их длительность (включая нерегламентированные перерывы), длительность отбора каждой пробы и соответствующие ей концентрации вносят в таблицы. Если работник в течение смены выходит из помещения или находится на участках, где заведомо нет контролируемого вещества, то отмечают, чем он был занят, и ставят нуль. В отдельную графу заносят результаты произведения концентрации вещества на время отбора пробы.

Среднюю концентрацию для каждой операции ( $K_o$ ) определяют по формуле [4]

$$K_o = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – концентрация вещества;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – время отбора пробы.

По результатам средних концентраций за операцию ( $K_o$ ) и ее длительности ( $T_o$ ) рассчитывают среднесменную концентрацию ( $K_{c.c}$ ) как средневзвешенную за смену:

$$K_o = \frac{K_{o1} T_{o1} + K_{o2} T_{o2} + \dots + K_{on} T_{on}}{\sum T},$$

где  $K_{o1}, K_{o2}, \dots, K_{on}$  – средняя концентрация за операцию;

$T_{o1}, T_{o2}, \dots, T_{on}$  – продолжительность операции.

Медиана ( $Me$ ) – безразмерное среднее геометрическое значение концентрации вредного вещества, которое делит всю совокупность концентраций на две равные части: 50 % проб выше значения медианы, 50 % – ниже. Медиану рассчитывают по формуле

$$\ln Me = \frac{t_1 \ln K_1 + t_2 \ln K_2 + \dots + t_n \ln K_n}{\sum t}; \quad Me = e^{\ln Me}.$$

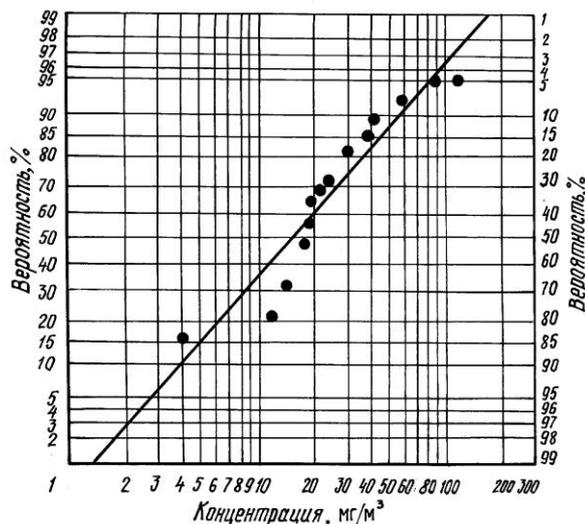
Стандартное геометрическое отклонение ( $\delta_g$ ), характеризующее пределы колебаний концентраций, рассчитывают по формуле

$$\delta_g = e \sqrt{21 \ln \frac{K_{c.c}}{Me}},$$

где  $K_{c.c}$  – среднесменная концентрация.

Графоаналитический метод обработки данных о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны заключается в следующем.

Результаты измерений концентраций вещества в порядке возрастания



вносят в таблицу и отмечают соответствующую длительность отбора пробы. Время отбора всех проб суммируют и принимают за 100 %. Определяют процент времени отбора каждой пробы в общей длительности отбора всех проб  $\sum t$ , а также накопленную частоту последовательным суммированием времени каждой пробы. На логарифмически вероятностную сетку (см. рисунок) наносят значения концентраций (по оси абсцисс) и соответствующие им накопленные частоты (по оси ординат), через нанесенные точки проводят прямую.

Определяют значение  $X_{84}$  или  $X_{16}$ , которое соответствует 84 или 16 % вероятности накопленных частот (оси ординат). Рассчитывают стандартное геометрическое отклонение:

$$\delta_g = \frac{\bar{O}_{84}}{Me} \text{ или } \delta_g = \frac{Me}{\bar{O}_{16}}.$$

Значение  $\delta_g \leq 3$  свидетельствует о стабильности концентраций в воздухе рабочей зоны и не требует повышенной частоты контроля;  $\delta_g > 6$  указывает на значительные колебания концентраций в течение смены и необходимость увеличения частоты контроля среднесменных концентраций для данной профессиональной группы работающих (на данном рабочем месте).

Среднесменную концентрацию рассчитывают по формуле

$$\ln K_{c.c} = \ln Me + 0,5(\ln \delta_g)^2; K_{c.c} = e^{\ln K_{c.c}}.$$

Максимальные концентрации соответствуют значениям 97 % накопленных частот при продолжительности рабочей смены 8 ч.

Предложенная методика позволяет провести замеры опасных и вредных факторов лесного пожара, определить их численные значения, обработать и проанализировать экспериментальные данные, установить зависимость одной величины от другой, рассчитать среднесменную концентрацию вредных газов на тушении лесных пожаров. Все это дает возможность обосновать основные требования к индивидуальным средствам защиты и разработать мероприятия по оздоровлению условий труда лесных пожарных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Главацкий Г.Д., Цай Ю.Т., Литина Л.А. Охрана труда и безопасность лесных пожарных. – Красноярск: КГТУ, 2001. – 158 с.
2. ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. – 5 с.
3. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.:Агрохим, 2000. – 162 с.
4. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

---

5. Цай Ю.Т., Литина Л.А. Защита людей от воздействия опасных факторов лесного пожара при выполнении лесопожарных работ // Матер. IV Международ. конф. – Томск; Иркутск: Изд-во Томск. ун-та, 2001. – С. 157–159.

ВНИИПОМлесхоз

Поступила 28.12.01

*Yu.T. Tsay*

### **Technique of Investigating Harmful Factors of Forest Fires**

The technique of determining harmful substances content in the air of a forest fire-working zone is stated. The formulae for calculating the necessary number of measurements, mean quadric error and measurement accuracy are provided. Grapho-analytical method of data processing is given.

---



УДК 630\*323

*А.В. Жуков, В.Н. Лой, В.В. Хайновский, Д.А. Зенькевич*

Жуков Анатолий Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Белорусский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета. Имеет 400 печатных работ по вопросам лесозаготовительного производства.



### ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ НОВОЙ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ МТЗ

Дано обоснование динамической нагруженности колесной трелевочной машины с шарнирно сочлененной рамой и тросо-чokerным технологическим оборудованием Минского тракторного завода.

Ключевые слова: трелевочный трактор, нагруженность, технологическое оборудование, двигатель, модель, движение, пачка, волок.

В настоящее время на Минском тракторном заводе продолжают работы по созданию лесных колесных машин [4, 7, 8]. Наиболее перспективны машины МЛПТ-345, МЛ-131, МЛ-126, МЛ-127 и МЛ-127С на базе шарнирно сочлененных шасси типа 4К4 и 6К6.

Трелевочные трактора МЛ-126 (рис. 1) и МЛ-127 увеличенной мощности оснащены тросо-чokerным трелевочным оборудованием, включаю-



Рис. 1. Трактор МЛ-126 на испытаниях

щим лебедку с максимальным усилием на тросе 45 кН и арку, совмещенную с упорным щитом.

При обосновании параметров этих машин широко использовали математическое моделирование процессов движения машин, которое позволило оценить их тягово-скоростные свойства, проходимость, устойчивость движения, управляемость и маневренность. Особое внимание уделяли оценке плавности хода и динамической нагруженности ходовой части и трансмиссии [5, 6].

При моделировании движения использовали математическую модель, составленную на основе расчетной схемы, приведенной на рис. 2. Она учитывает связь крутильных колебаний трансмиссии, вертикальных, продольных и продольно-угловых колебаний корпуса машины (масса  $M_T$  и момент инерции  $I_T$ ), вертикальных и продольных колебаний пачки (массы  $m_1, m_2, m_3$ ). Модель позволяет учитывать возмущающие воздействия со стороны двигателя (момент  $M_d$ ) при изменении условий и режимов движения машины, а также реальных воздействий на колеса от неровностей поверхности движения –  $q_1(t)$  и  $q_2(t)$ . Общая модель составлена с учетом возможности ее декомпозиции для изучения отдельных частных вопросов плавности хода, а также нагруженности ходовой части, трансмиссии и технологического оборудования.

Динамическая система объединяет подсистемы: моторно-трансмиссионную установку; подрессоренный корпус; технологическое оборудование; пачку деревьев; имеет 10 степеней свободы, учитывающих вертикальные, продольные и продольно-угловые перемещения корпуса трактора ( $z_1, x_1, \varphi_1$ ), перемещения пачки деревьев ( $z_2, z_3, x_2$ ), угловые перемещения двигателя, барабана лебедки, передних и задних колес трактора ( $\varphi_d, \varphi_2, \varphi_{k1}, \varphi_{k2}$ ). На расчетной схеме обозначены моменты инерции элементов привода  $I_{k1}, I_{k2}, I_{k3}$ , динамически приведенные к осям передних и задних колес трактора и оси барабана лебедки. Динамическая система учитывает упругую податливость и сопротивление приводов осей трактора и лебедки, а также элементов демпфирования корпуса трактора, технологического

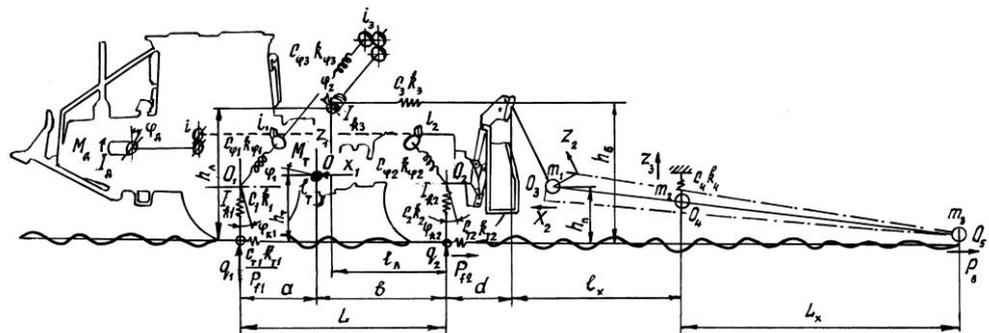


Рис. 2. Расчетная схема, эквивалентная динамической системе колесный трелевочный трактор – пачка деревьев – волок

оборудования и пачки ( $c_{\varphi 1}, c_{\varphi 2}, c_{\varphi 3}, c_1, c_2, c_3, k_{\varphi 1}, k_{\varphi 2}, k_{\varphi 3}, k_1, k_2, k_3$ ). Из внешних сил, действующих на систему, приняты в расчет: момент двигателя ( $M_d$ ), силы сопротивления, приложенные к колесам трактора ( $P_{f1}, P_{f2}, M_{f1}, M_{f2}$ ), сила сопротивления волочению пачки ( $P_b$ ).

Модель позволяет рассматривать как установившееся движение, так и процесс разгона с учетом изменения передаточных отношений в приводах колес трактора ( $i_1, i_2$ ) и лебедки ( $i_3$ ) при подтаскивании пачки, а также учитывать силы сопротивления при подъеме по уклону и силы инерции.

Декомпозиция общей модели в частную подсистему на разных этапах рабочего процесса трелевки осуществляется введением ограничений и условий, определяющих работу машины и технологического оборудования на конкретном этапе. Так, при формировании пачки деревьев и ее подтаскивании к щиту трактор неподвижен, щит опущен и опирается на грунт. Момент двигателя через привод передается на барабан лебедки радиусом  $r_6$  и реализуется в виде усилия на тяговом тросе ( $P_{тр}$ ), под действием которого пачка движется поступательно. На систему действует также сила сопротивления волочению пачки  $P_b = G_{п} f_b$ , где  $G_{п}$  – нормальная реакция пачки на грунт;  $f_b$  – коэффициент сопротивления волочению пачки по поверхности грунта. Пачка при этом рассматривается жесткой, т. е. перемещение  $z_3 = 0$ . Учитываются угловые перемещения ( $\varphi_{т}$ ) корпуса трактора на подвеске относительно точки упора щита в грунт, к которой динамически приводится его момент инерции ( $I_{т}$ ).

При оговоренных условиях динамическая система имеет четыре степени свободы: обобщенные координаты  $\varphi_d, \varphi_1, \varphi_2, x_2$ . Уравнения движения системы, соответствующей этапу формирования пачки, имеют следующий вид:

$$I_{\ddot{\alpha}} \ddot{\varphi}_{\alpha} + \frac{c_{\varphi 3}}{i_3} (\varphi_{\alpha} / i_3 - \varphi_2) + \frac{k_{\varphi 3}}{i_3} (\dot{\varphi}_{\alpha} / i_3 - \dot{\varphi}_2) - M_{\ddot{\alpha}} = 0;$$

$$I_{k3} \ddot{\varphi}_2 + c_3 r_6 (r_6 \varphi_2 - x - L_d \varphi_1) + c_{\varphi 1} (\varphi_d / i_3 - \varphi_2) + k_3 r_6 (r_6 \dot{\varphi}_2 - \dot{x} - L_d \dot{\varphi}_1) + k_{\varphi 1} (\dot{\varphi}_{\alpha} / i_3 - \dot{\varphi}_2) = 0;$$

$$M_{п} \ddot{x}_2 - c_3 (r_6 \varphi_2 - L_d \varphi_1 - x_2) - k_3 (r_6 \dot{\varphi}_2 - L_d \dot{\varphi}_1 - \dot{x}_2) + P_b = 0;$$

$I_{т} \ddot{\varphi}_1 + c_3 L_d (r_6 \varphi_2 - L_d \varphi_1 - x_2) + c_1 L_w^2 \varphi_3 - k_3 L_d (r_6 \dot{\varphi}_2 - L_d \dot{\varphi}_1 - \dot{x}_2) + k_1 L_w^2 \dot{\varphi}_3 = 0$ , где  $L_d, L_w$  – расстояния от точки упора щита в грунт соответственно до оси барабана лебедки и до центра масс корпуса трактора.

При решении этих уравнений были получены данные, позволившие всесторонне проанализировать динамику процесса подтаскивания и подъема по щиту пакета хлыстов для трактора МЛ-126.

Параметры колебаний системы по времени можно разделить на две характерные зоны. Первая зона – от  $t_0 = 0$  до  $t_1 = T$  с – имитирует процесс подтаскивания пачки к щиту трактора, вторая – при  $t_1 > T$  с – соответствует процессу подъема пакета по щиту.

В начале первого периода момент двигателя быстро нарастает до максимального значения и резко увеличиваются амплитуды перемещений, скоростей и ускорений барабана лебедки ( $\varphi_2$ ), пачки ( $x_2$ ) и корпуса трактора ( $\varphi_3$ ). Практически полностью процесс затухает за 2,5 ... 3,0 с.

Переходный процесс второго периода по характеру идентичен, однако его амплитуды значительно больше, что объясняется в основном резким возрастанием составляющей силы сопротивления, приложенной к тросу лебедки при подъеме комлевой части пачки, и силы сопротивления скольжению пачки по щиту. Если в первом периоде коэффициент динамичности ( $K_d$ ) для различных условий движения и параметров системы изменяется от 1,56 до 2,39, то во втором – до 3,63 (рис. 3).

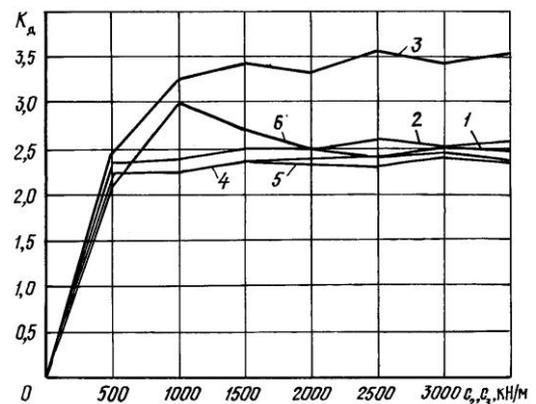
По параметрам колебаний изменяемых величин можно сделать вывод о том, что подтаскивание и погрузка комлевой части пачки на трактор достаточно сильно влияют на колебания системы, и этот процесс необходимо учитывать как отдельный режим нагружения при проектировании трелевочной техники с тросочокерным оборудованием.

Было выполнено также моделирование процесса трелевки деревьев трактором МЛ-126 на различных режимах движения, данные которого хорошо согласуются с экспериментом.

В реальных эксплуатационных условиях испытательного полигона ОКБ МТЗ и предприятия «Ива», входящего в ОАО Молодечное, была произведена запись крутящих моментов на передней и задней полуосях машины, вертикальных ускорений корпуса трактора, частоты вращения двигателя, скорости движения, а также тягового усилия в тросе лебедки. Комплект измерительной аппаратуры включал регистрирующие приборы, установленные в кабине, и датчики – тензометрические ступицы, динамометры, акселерометры, счетчик частоты вращения двигателя, регистратор скорости движения.

Исследования проводили в весенне-летний период 2000 г. Отведенная лесосека имела следующие характеристики: средний объем хлыста  $V_{хл} = 0,17 \dots 0,21 \text{ м}^3$ , состав насаждения 9С1Е + Б, рельеф пересеченный с уклоном до  $10^\circ$ , что соответствовало грунтовым условиям II и III типов местности.

Рис. 3. Зависимость изменения коэффициентов динамичности ( $K_d$ ) для жесткой трособлочной системы (1, 2, 3) и подвески трактора (4, 5, 6): 1 –  $K_{d1}(c_2)$ ; 2 –  $K_{d2}(c_2)$ ; 3 –  $K_{d3}(c_2)$ ; 4 –  $K_{d1}(c_3)$ ; 5 –  $K_{d2}(c_3)$ ; 6 –  $K_{d3}(c_3)$



Испытания проводили при различных рейсовых нагрузках, скоростях и режимах движения. Динамические параметры регистрировали при трогании с места, установившемся движении и переезде единичных неровностей.

Были выбраны типичные магистральные и пасечные волокы, длина которых, как и число заездов, принимали, исходя из условий статистической достоверности опытных данных. Спектральные плотности типичных магистрального и пасечного волоков, установленные по данным натурных измерений, их характер изменения и количественные характеристики близки к полученным нами и другими исследователями ранее [1–3].

Полное время подтаскивания до упора пачки в щит составило 38 с (рис. 4). С момента включения лебедки до времени 6 с (4,8 м) произошло резкое (близкое к линейному) возрастание усилия  $P_{тр}$  до 24 кН.

Колебательное изменение нагрузки относительно среднего ее значения, равного 17 кН, определяется силой сопротивления волочению пачки ( $P_v$ ) по поверхности лесосеки. Как видно из рис. 4, размах этих колебаний относительно линии средней нагрузки составляет  $\pm 5$  кН. Частоты изменения этих нагрузок не постоянны и зависят от характера изменения силового взаимодействия пачки с волокном (0,20 ... 0,35 Гц) и собственных крутильных колебаний в приводе лебедки (около 1 Гц). Через 28 с после начала подтаскивания пачки начинается постепенный подъем щита и происходит резкое возрастание нагрузки  $P_{тр}$  до 37 кН, а затем спад до 20 кН. В этот момент (34 с, или 27 м от начала подтаскивания) пачка упирается в щит и быстро возрастает тяговое усилие до 43 кН, что является следствием удара пачки о щит. Далее в течение 4 с (подъем защитно-опорного щита) наблюдается падение  $P_{тр}$  до значения 27 кН. Затем следует натаскивание пачки на щит и его одновременный подъем, тяговое усилие увеличивается до 46 кН, после чего нагрузка падает до значения, соответствующего ее постоянному прижиму к щиту при затормаживании лебедки (30 ... 32 кН). Как характер изменения процесса, так и его количественные характеристики хорошо согласуются с экспериментом (см. рис. 4). Наложение на расчетные кривые

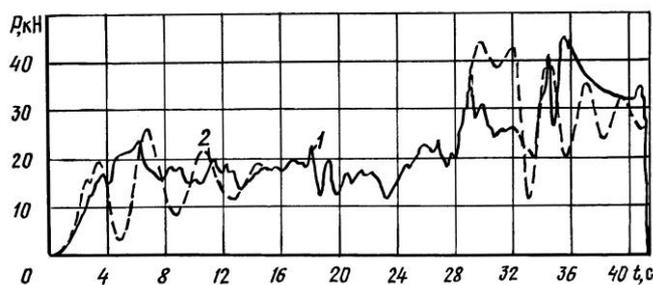


Рис. 4. Усилия в тросе лебедки при подтаскивании пачки объемом  $4 \text{ м}^3$  (скорость подтаскивания 0,8 м/с, расстояние 29 м): 1 – экспериментальная зависимость; 2 – расчетные кривые

периодических изменений нагрузки с частотой 4 Гц объясняется введением в модель демпфера трособлочной системы ( $c_2, k_2$ ).

Таким образом, наибольшая динамическая нагруженность технологического оборудования имеет место при погрузке пачки на щит ( $K_d = 2,8$ ). При трогании ее с места нагрузка  $P_{тр}$  значительно меньше, в рассматриваемом случае  $K_d = 1,4$ . Среднее значение  $P_{тр}$  составляет 17 кН. Оно несколько меньше расчетного, которое получено с учетом среднего значения коэффициента сопротивления волочению  $f_B = 0,6$ . Тогда при объеме пачки  $Q_{п} = 4 \text{ м}^3$  расчетное значение  $P_B$  составит 19,2 кН, что на 11,4 % больше экспериментального.

При движении трелевочной машины усилие в тросе лебедки не остается постоянным и изменяется также при установившемся движении, что является следствием как непостоянства сил сопротивления волочению пачки, так и колебаний всей трелевочной системы, возбуждаемых неровностями волока.

Показателен случай переезда трелевочной машиной единичных неровностей. На рис. 5, а приведены осциллограммы записи  $P_{тр}$  при переезде машины с пачкой объемом  $4 \text{ м}^3$  через пень колесами правого борта.

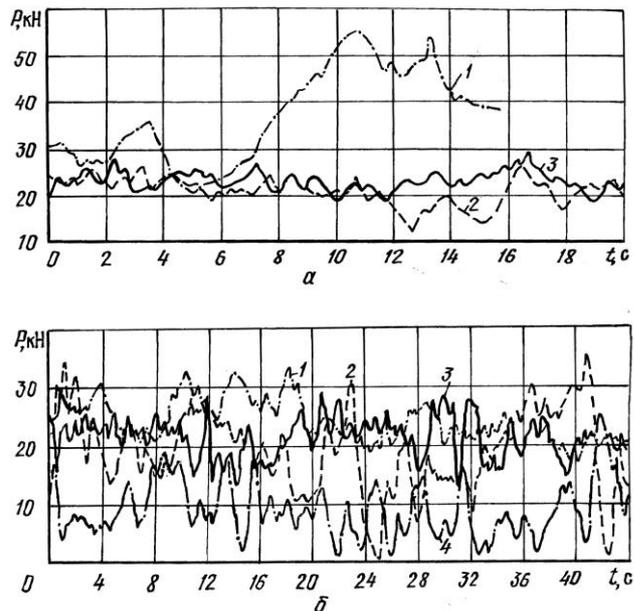


Рис. 5. Тяговое усилие в тросе лебедки: а – при переезде единичной неровности высотой 0,35 м с пачкой объемом  $4 \text{ м}^3$  ( $1 - V = 2,1$ ;  $2 - V = 3,1$ ;  $3 - V = 5,4 \text{ км/ч}$ ); б – при установившемся движении по трелевочному волоку с пачкой объемом  $4 \text{ м}^3$  ( $1 - V = 2,1$ ;  $2 - V = 3,9$ ;  $3 - V = 5,2 \text{ км/ч}$ ) и  $2,5 \text{ м}^3$  ( $4 - V = 3,2 \text{ км/ч}$ )

Кривая 1 соответствует скорости движения 2,1 км/ч (0,6 м/с). Видно, что при подходе к препятствию усилие в тросе (30 ... 32 кН) близко к его установившемуся значению, а некоторые отклонения объясняются в основном изменением сопротивления волочению пачки, зависящим от состояния поверхности движения и других случайных причин (зацепы крон деревьев в пачке за пни, деревья и др.).

Кривая  $P_{тр}(t)$  имеет два ярко выраженных всплеска, первый из них соответствует переезду неровности колесом переднего модуля машины, второй – заднего. При наезде переднего колеса на неровность усилие в тросе увеличивается до 35,2 кН, далее падает до 22 кН. В момент времени  $t = 7,4$  с колесо заднего модуля наезжает на неровность, и при  $t = 10,6$  с тяговое усилие в тросе лебедки достигает максимального значения ( $P_{тр} = 55,2$  кН). Таким образом, усилие в тросе лебедки зависит от воздействий, передающихся не только от заднего, но и от переднего моста. Усилие в тросе лебедки при переезде неровности задним колесом в 1,57 раза больше, чем передним. Коэффициент динамичности соответственно составляет:  $K_{д1} = 1,2$  и  $K_{д2} = 1,8$ .

Аналогично изменяется тяговое усилие при переезде единичной неровности со скоростями движения 3,1 км/ч (кривая 2) и 5,4 км/ч (кривая 3). Однако при возрастании скорости движения усилия в тросе лебедки меньше, так как скорость движения 2,1 км/ч близка к резонансной. Значения коэффициента динамичности при переезде колес заднего моста через неровности составляют: при  $V = 3,1$  км/ч  $K_{д2} = 1,5$ , при  $V = 5,4$  км/ч  $K_{д2} = 1,3$ .

Представляет интерес также характер изменения тягового усилия в тросе лебедки при установившемся движении, когда основными источниками колебаний являются микронеровности волока и сопротивление волочению пачки. В этом случае зависимость  $P_{тр}(t)$  носит колебательный характер (рис. 5, б) с ярко выраженными низко- и высокочастотными составляющими.

Колебание нагрузки происходит около ее средних значений, составляющих 25 кН (кривая 1), 20 кН (кривая 2), 23 кН (кривая 3) при объеме транспортируемой пачки 4 м<sup>3</sup> и 8 кН (кривая 4) при объеме пачки 2,5 м<sup>3</sup>. Усилия в тросе лебедки, возникающие при транспортировке пачки объемом 2,5 м<sup>3</sup>, в среднем в 2,7 раза меньше, чем при трелевке пачки объемом 4 м<sup>3</sup>. Размах колебаний относительно линии средней нагрузки составляет  $\pm 6$  кН. С увеличением скорости движения по трелевочному волоку кривые колебаний имеют ярко выраженные высокочастотные составляющие (0,25 ... 0,50 Гц), определяемые возрастанием частот воздействия от неровностей волока.

При установившемся движении по трелевочному волоку коэффициенты динамичности ( $K_{д}$ ) изменяются от 1,3 до 2,8 в зависимости от скорости движения и рейсовой нагрузки. Размах экстремальных отклонений  $P_{тр}$  составляет 5,5 ... 6,5 кН, а средние значения 8 ... 24 кН.

Таким образом, динамическая нагруженность технологического оборудования, а следовательно, и машины в процессе подтаскивания пачки и погрузки ее на щит существенна, соизмерима с его нагруженностью при

транспортных операциях. Коэффициент динамичности усилия в тросе лебедки изменяется в пределах 1,3 ... 2,8. Наибольшая нагруженность наблюдается в момент упора пачки в щит при его последующем подъеме, что соответствует  $K_d = 2,8$ .

Существенна также нагрузка технологического оборудования при переезде трелевочной машины через единичное препятствие. При высоте пня 0,35 м, скоростях движения от 2,4 до 5,4 км/ч и нагрузке от 4 до 2,5 м<sup>3</sup> коэффициент динамичности усилий в тросе лебедки изменялся в диапазоне 1,2 ... 1,8. Усилия в момент переезда неровности колесами технологического модуля в 1,57 раза больше, чем передними.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гороновский А.Р.* Снижение металлоемкости прицепов-ропусков лесовозных автопоездов путем рационального соотношения конструкции и параметров несущей системы и подвески: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Мн., 1988. – 18 с.
2. *Жорин А.В.* Обоснование параметров трелевочной машины на базе сельскохозяйственного трактора кл. 1.4: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Мн., 1997. – 20 с.
3. *Жуков А.В.* Проектирование лесопромышленного оборудования. – Мн.: Вышэйш. шк., 1990. – 312 с.
4. *Жуков А.В., Клоков Д.В., Лой В.Н.* Погрузочно-транспортная машина МЛ-131 // Лесн. и деревообраб. пром-сть: Тр. БГТУ. – Мн., 2000. – Вып. 8. – С. 82–88.
5. *Жуков А.В., Лой В.Н.* Оценка нагруженности технологического оборудования колесной трелевочной машины при формировании пачки деревьев // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса: Тр. Международ. науч.-практ. конф. БелГУТ. – Гомель, 2001. – С. 70–71.
6. *Жуков А.В., Лой В.Н.* Оценка нагрузочных режимов технологического оборудования новой колесной машины МЛ-126 // Лесн. и деревообраб. пром-сть: Тр. БГТУ. – Мн., 2001. – Вып. 9. – С. 27–32.
7. *Коробкин В.А., Жуков А.В., Гороновский А.Р.* Специальные колесные машины Минского тракторного завода // Там же. – Мн., 1998. – Вып. 6. – С. 7–11.
8. *Коробкин В.А.* и др. Новая колесная трелевочная машина с шарнирно-сочлененной рамой / В.А. Коробкин, А.В. Жуков, С.Н. Гришкевич, В.Н. Лой. // Там же. – Мн., 1999. – Вып. 7. – С. 22–28.

Белорусский государственный  
технологический университет

Поступила 07.02.02

*A.V. Zhukov, V.N. Loy, V.V. Khainovsky, D.A. Zenkevich*  
**Assessment of Dynamic Loading of New Wheeled Skidder MTZ**

The substantiation of dynamic loading of wheeled skidder with articulated frame and cable-choker process equipment of Minsk Tractor Plant is given.

УДК 624.131.52:624.139.2

***В. С. Морозов, Г. С. Морозов***

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет около 50 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



Морозов Геннадий Станиславович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры строительного производства Архангельского государственного технического университета. Область научных интересов – расчет и проектирование сооружений из мерзлого торфяного грунта.



**РАСЧЕТ ОСАДОК СООРУЖЕНИЙ  
НА ОСНОВАНИИ ИЗ МЕРЗЛОГО ТОРФА**

Рассмотрен метод расчета осадок фундаментов сооружений на основании из мерзлого торфяного грунта с применением модели вязко-пластичного тела. Даны результаты расчетов осадки в любой момент времени действия нагрузки.

Ключевые слова: мерзлый торф, сжимаемость, вязко-пластичное тело, математическая модель, расчет осадок.

В настоящее время накоплен значительный опыт строительства различных гражданских и промышленных сооружений на заторфованных территориях. Расчет осадок фундаментов таких сооружений имеет важное практическое значение, так как без этого невозможно проектировать фундаменты согласно названным требованиям.

Для определения осадок сооружений применяют два метода: деформированного полупространства и по модели вязко-пластичного тела.

Цель нашей статьи – разработка метода расчета осадок фундаментов сооружений на основании из мерзлого торфяного грунта. Результаты расчета зависят от вида применяемой расчетной модели и имеют важное практическое значение.

Мерзлый торфяной грунт является четырехкомпонентной системой, характеризуется значительным содержанием незамерзшей воды (льда) и ползучестью органического скелета. Это обуславливает большую сжимаемость мерзлого торфа под нагрузкой по сравнению с минеральными грунтами.

Сжимаемость мерзлых грунтов представляет собой сложный физико-механический процесс, вызванный деформируемостью и перемещением

всех компонентов грунта: газообразных, жидких, вязко-пластичных и твердых. Кроме того, под влиянием внешней нагрузки нарушается равновесное состояние между незамерзшей водой и поровым льдом. При этом талая вода отжимается, что приводит к дополнительным осадкам оснований.

Осадки от перемещений незамерзшей воды составляют фильтрационно-миграционную часть деформации, которая равна примерно трети всего уплотнения. Деформируемость газов обуславливает упругие деформации. Остальная осадка приходится на долю ползучести, вызываемой необратимыми сдвигами частиц и их агрегатов.

Раздельно определить пластические и упругие составляющие деформации часто бывает очень трудно, поэтому при прогнозе осадок сооружений ограничиваются определением суммарной осадки по результатам лабораторных исследований или штамповых испытаний в полевых условиях.

Принимая мерзлый торфяной грунт за вязко-пластичное тело с коэффициентом вязкости  $\eta$ , определяем осадку фундамента под действием внешней нагрузки. Для этого используем решение задачи о распределении давления в тонких слоях вязкого материала при сжатии [1].

Так как размеры фундамента ограничены, то задачу рассматриваем как осесимметричную, представляя прямоугольный фундамент в виде круглого штампа радиусом  $R$  равновеликой площади.

Расчетная схема показана на рис. 1. Здесь  $H = 2h$  – толщина расчетного слоя;  $z$  – аппликата;  $r$  – полярный радиус;  $u$ ,  $v$  – скорости течения грунта соответственно в горизонтальном и вертикальном направлениях;  $q$  – интенсивность внешней нагрузки на рассматриваемый массив.

Для осесимметричной задачи скорость перемещения точек слоя в вертикальном направлении определяем по формуле [2]

$$v = \frac{v_0}{2h^3} (h^2 z - z^3), \quad (1)$$

а давление, вызывающее течение,

$$p = \frac{3v_0 \eta}{4h^3} (R^2 - r^2 + 2z^2), \quad (2)$$

где  $v_0$  – скорость перемещения точки массива на поверхности основания по оси  $z$  (где  $z = h$ );

$\eta$  – расчетный коэффициент вязкости;

$R$  – радиус площади действия внешней нагрузки.

Подставляя в уравнение (1)  $z = h$ , получаем  $v = v_0$ .

Величину  $v_0$  можно выразить из уравнения (2). Полагая  $p = q$ ,  $z = h$ ,  $v = v_0$  и  $r = 0$ , находим

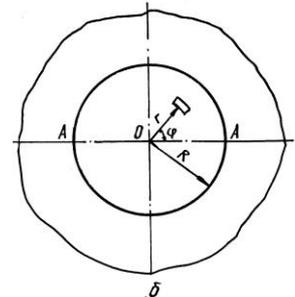
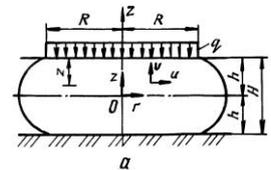


Рис. 1. Расчетная схема для определения осадки фундамента на основании из мерзлого торфа: а – сечение; б – план

$$v = v_0 = \frac{4qh^3}{3\eta(R^2 + 2h^2)} \quad (3)$$

Для того чтобы перейти к осадкам  $W_z$ , подставим в уравнении (3)  $v = dW_z / dt$  и проинтегрируем:

$$W_z = \int_0^T \frac{4qh^3 dt}{3\eta_1(R^2 + 2h^2)} \quad (4)$$

где  $T$  – время действия нагрузки;

$$\eta_1 = 2(1 + \nu)\eta,$$

где  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Переменными величинами в подынтегральном выражении являются время и табличный коэффициент вязкости  $\eta_1$ .

В табл. 1 приведены значения  $\eta_1$  в зависимости от времени действия нагрузки ( $t$ ), температуры ( $\Theta$ ) и влажности мерзлого торфа ( $W$ ) при  $q = 0,25$  МПа (числитель) и приращения  $\Delta\eta_1$  (знаменатель).

Приращение  $\Delta\eta_1$  хорошо аппроксимируется выражением

$$\Delta\eta_1 = ae^{bt}, \quad (5)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, определяемые по приведенным в табл. 1 значениям  $\Delta\eta_1$  при использовании метода наименьших квадратов.

Таблица 1

| W, % | Θ, °C | Коэффициент $\eta_1 \cdot 10^{-13}$ , Н·с/см <sup>2</sup> (числитель) и его приращение $\Delta\eta_1 \cdot 10^{-13}$ , Н·с/см <sup>2</sup> (знаменатель) в различные моменты времени $t$ , ч |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      |       | 0                                                                                                                                                                                            | 20                       | 40                       | 60                       | 80                       | 100                      | 120                      |
|      |       | 300                                                                                                                                                                                          | -3                       | 8,3262                   | $\frac{8,7233}{0,3970}$  | $\frac{9,1436}{0,4243}$  | $\frac{9,5994}{0,4518}$  | $\frac{10,0811}{0,4817}$ |
|      | -8    | 11,5218                                                                                                                                                                                      | $\frac{11,9197}{0,3979}$ | $\frac{12,3376}{0,4178}$ | $\frac{12,7752}{0,4376}$ | $\frac{13,2336}{0,4586}$ | $\frac{13,7149}{0,4811}$ | $\frac{14,2199}{0,5050}$ |
|      | -17   | 9,1736                                                                                                                                                                                       | $\frac{9,4211}{0,2475}$  | $\frac{9,6778}{0,2567}$  | $\frac{9,9436}{0,2659}$  | $\frac{10,2193}{0,2756}$ | $\frac{10,5051}{0,2857}$ | $\frac{10,8015}{0,2964}$ |
|      | -25   | 8,1078                                                                                                                                                                                       | $\frac{8,3668}{0,2590}$  | $\frac{8,6372}{0,2704}$  | $\frac{8,9191}{0,2819}$  | $\frac{9,2132}{0,2941}$  | $\frac{9,6202}{0,3070}$  | $\frac{9,8408}{0,3207}$  |
| 400  | -3    | 4,4694                                                                                                                                                                                       | $\frac{4,6845}{0,2152}$  | $\frac{4,9144}{0,2299}$  | $\frac{5,1593}{0,2449}$  | $\frac{5,4206}{0,2612}$  | $\frac{5,6996}{0,2790}$  | $\frac{5,9980}{0,2985}$  |
|      | -8    | 7,7565                                                                                                                                                                                       | $\frac{8,0485}{0,2920}$  | $\frac{8,3563}{0,3079}$  | $\frac{8,6793}{0,3236}$  | $\frac{9,0206}{0,3407}$  | $\frac{9,3794}{0,3589}$  | $\frac{9,7579}{0,3784}$  |
|      | -17   | 9,2627                                                                                                                                                                                       | $\frac{9,5362}{0,2735}$  | $\frac{9,8187}{0,2853}$  | $\frac{10,1126}{0,2938}$ | $\frac{10,4182}{0,3067}$ | $\frac{10,7364}{0,3182}$ | $\frac{11,0678}{0,3314}$ |
|      | -25   | 7,2846                                                                                                                                                                                       | $\frac{7,5760}{0,2914}$  | $\frac{7,8885}{0,3125}$  | $\frac{8,2184}{0,3299}$  | $\frac{8,5670}{0,3486}$  | $\frac{8,9357}{0,3688}$  | $\frac{9,3263}{0,3905}$  |
| 500  | -3    | 3,8164                                                                                                                                                                                       | $\frac{4,0092}{0,1928}$  | $\frac{4,2171}{0,2079}$  | $\frac{4,4394}{0,2223}$  | $\frac{4,6775}{0,2381}$  | $\frac{4,9328}{0,2550}$  | $\frac{5,2072}{0,2748}$  |

Продолжение табл. 1

| W, % | Θ, °C  | Коэффициент $\eta_1 \cdot 10^{-13}$ , Н·с/см <sup>2</sup> (числитель) и его приращение $\Delta\eta_1 \cdot 10^{-13}$ , Н·с/см <sup>2</sup> (знаменатель) в различные моменты времени $t$ , ч |               |               |               |               |               |               |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|      |        | 0                                                                                                                                                                                            | 20            | 40            | 60            | 80            | 100           | 120           |
| 500  | -8     | 6,1021                                                                                                                                                                                       | <u>6,3520</u> | <u>6,6168</u> | <u>6,8965</u> | <u>7,1923</u> | <u>7,5054</u> | <u>7,8373</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2499        | 0,2648        | 0,2797        | 0,2958        | 0,3131        | 0,3319        |
|      | -17    | 6,9536                                                                                                                                                                                       | <u>7,1630</u> | <u>7,3812</u> | <u>7,6083</u> | <u>7,8448</u> | <u>8,0911</u> | <u>8,3480</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2094        | 0,2182        | 0,2271        | 0,2364        | 0,2464        | 0,2568        |
|      | -25    | 6,0886                                                                                                                                                                                       | <u>6,3884</u> | <u>6,7105</u> | <u>7,0543</u> | <u>7,4228</u> | <u>7,8180</u> | <u>8,2428</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2998        | 0,3218        | 0,3441        | 0,3685        | 0,3952        | 0,4248        |
| 600  | -3     | 3,8921                                                                                                                                                                                       | <u>4,1022</u> | <u>4,3291</u> | <u>4,5731</u> | <u>4,8358</u> | <u>5,1193</u> | <u>5,4258</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2101        | 0,2269        | 0,2439        | 0,2627        | 0,2835        | 0,3066        |
|      | -8     | 5,2017                                                                                                                                                                                       | <u>6,4337</u> | <u>5,6808</u> | <u>5,9432</u> | <u>6,2222</u> | <u>6,5192</u> | <u>6,8358</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2320        | 0,2471        | 0,2624        | 0,2790        | 0,2970        | 0,3166        |
|      | -17    | 6,3667                                                                                                                                                                                       | <u>6,5681</u> | <u>6,7785</u> | <u>6,9980</u> | <u>7,2270</u> | <u>7,4662</u> | <u>7,7162</u> |
|      |        |                                                                                                                                                                                              | 0,2014        | 0,2104        | 0,2195        | 0,2291        | 0,2392        | 0,2499        |
| -25  | 5,4042 | <u>5,7202</u>                                                                                                                                                                                | <u>6,0651</u> | <u>6,4391</u> | <u>6,8456</u> | <u>7,2887</u> | <u>7,7730</u> |               |
|      |        | 0,3161                                                                                                                                                                                       | 0,3449        | 0,3740        | 0,4065        | 0,4430        | 0,4843        |               |

Полагая в (5), что отношение  $\Delta\eta_1/\Delta t$  можно рассматривать как скорость изменения величины  $\eta_1$ , переходя к дифференциалам и интегрируя, получаем

$$\eta_1 = \eta_0 + a_1 e^{bt}, \quad (6)$$

где  $a_1 = a/(20b)$ .

Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $a_1$  и  $\eta_0$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

| W, % | Θ, °C | Коэффициенты эмпирических формул |           |                         |                      |
|------|-------|----------------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
|      |       | $a \cdot 10^{-13}$               | $b$       | $\eta_0 \cdot 10^{-13}$ | $a_1 \cdot 10^{-13}$ |
| 300  | -3    | 0,37207                          | 0,0032471 | 2,5970                  | 5,7993               |
|      | -8    | 0,37946                          | 0,0023688 | 3,5123                  | 8,0095               |
|      | -17   | 0,23878                          | 0,0017976 | 2,5319                  | 6,6416               |
|      | -25   | 0,24816                          | 0,0021304 | 2,2835                  | 5,8242               |
| 400  | -3    | 0,20154                          | 0,0032603 | 1,3785                  | 3,0908               |
|      | -8    | 0,27731                          | 0,0025827 | 2,3879                  | 5,3686               |
|      | -17   | 0,26330                          | 0,0018959 | 2,3188                  | 6,9439               |
| 500  | -25   | 0,27924                          | 0,0027862 | 0,7309                  | 6,5537               |
|      | -3    | 0,18061                          | 0,0034760 | 1,0465                  | 2,7698               |
|      | -8    | 0,23621                          | 0,0028249 | 1,9212                  | 4,1808               |
| 600  | -17   | 0,20106                          | 0,0020354 | 2,0148                  | 4,9388               |
|      | -25   | 0,27967                          | 0,0034677 | 2,0561                  | 4,0325               |
|      | -3    | 0,19488                          | 0,0037580 | 1,2992                  | 2,5929               |
|      | -8    | 0,21802                          | 0,0030983 | 1,6834                  | 3,5184               |
| 600  | -17   | 0,13295                          | 0,0021516 | 1,8830                  | 4,4839               |
|      | -25   | 0,29035                          | 0,0042402 | 1,9810                  | 3,4238               |

Таким образом, уравнение (4) можно представить в виде

$$W_z = \frac{4qh^3}{3(R^2 + 2h^2)} \int_0^T \frac{dt}{\eta_0 + a_1 e^{bt}}. \quad (7)$$

Интеграл в уравнении (7) имеет вид

$$\int_0^T \frac{dt}{\eta_0 + a_1 e^{bt}} = \frac{T}{\eta_0} - \frac{1}{\eta_0 b} \ln \frac{\eta_0 + a_1 e^{bT}}{\eta_0 + a_1}. \quad (8)$$

При вычислении значений этого интеграла размерность времени действия нагрузки ( $T$ ) – ч, коэффициента  $\eta_1$  – Н·с/м<sup>2</sup>.

В целях сохранения размерности необходимо интеграл (8) умножить на множитель 3600, т. е.

$$W_z = 3600 \frac{4qh^3 \cdot 2(1+\nu)}{3(R^2 + 2h^2)} \left( \frac{T}{\eta_0} - \frac{1}{\eta_0 b} \ln \frac{\eta_0 + a_1 e^{bT}}{\eta_0 + a_1} \right)$$

или

$$W_z = \frac{9600qh^3(1+\nu)}{(R^2 + 2h^2)\eta_0} \left( T - \frac{1}{b} \ln \frac{\eta_0 + a_1 e^{bT}}{\eta_0 + a_1} \right). \quad (9)$$

Полученное выражение (9) является расчетным при определении осадок фундаментов в заданных температурно-влажностных условиях.

Например, определим осадку фундамента при температуре  $\Theta = -3$  °С и влажности  $W = 600$  %. Принимаем: толщину расчетного слоя  $2h = 3$  м; интенсивность внешней нагрузки  $q = 0,25$  МПа; радиус круглого штампа, соответствующий площади фундамента,  $R = 1,692$  м; коэффициент Пуассона торфа  $\nu = 0,4$ . Расчетные коэффициенты берем из табл. 2:  $\eta_0 = 1,2992 \cdot 10^{13}$ ;  $a_1 = 2,5929 \cdot 10^{13}$ ;  $b = 0,003758$ . Задавая различные моменты времени  $T$  (ч), получаем осадки фундамента (табл. 3).

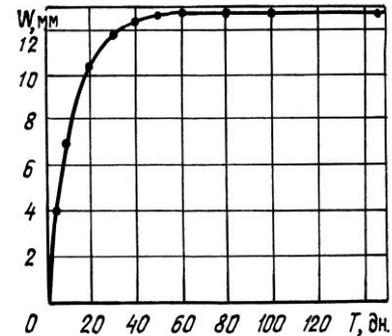
Таблица 3

| Время $T$ |     | Осадка $W_z$ ,<br>см | Время $T$ |      | Осадка $W_z$ ,<br>см |
|-----------|-----|----------------------|-----------|------|----------------------|
| дн.       | ч   |                      | дн.       | ч    |                      |
| 0         | 0   | 0                    | 50        | 1200 | 1,2636               |
| 1         | 24  | 0,0921               | 60        | 1440 | 1,2739               |
| 5         | 120 | 0,4073               | 80        | 1720 | 1,2797               |
| 10        | 240 | 0,6972               | 100       | 2400 | 1,2807               |
| 20        | 480 | 1,0309               | 150       | 3600 | 1,2809               |
| 30        | 720 | 1,1770               | 300       | 7200 | 1,2809               |
| 40        | 960 | 1,2384               | 360       | 8640 | 1,2809               |

Зависимость  $W_z(T)$  показана на рис. 2.

Можно отметить, что под воздействием постоянной нагрузки фундамент получает основную осадку в течение первых 50 ... 60 дн., в дальнейшем осадка медленно возрастает, и по истечении 100 дн. она стабилизируется.

Рис. 2. Зависимость осадки фундамента  $W_z$  во времени  $T$



Абсолютная осадка существенно зависит от  $h = H/2$ , увеличиваясь с возрастанием  $h$ . Значение ее имеет тот же порядок, что и найденная при решении линейной задачи по методу упругого полупространства.

Таким образом, применение модели вязко-пластичного тела из мерзлого торфяного грунта более полно отражает реальные физико-механические свойства массива мерзлого торфа и позволяет определить осадку сооружения в любой момент времени действия нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строительных вузов. – М.: Высш. шк., 1978. – 448 с.
2. Инструкция по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на заторфованных территориях. СН 475-55. – М.: Стройиздат, 1976. – 14 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 21.10.02

*V.S. Morozov, G.S. Morozov*

#### **Calculation of Building Settlement on Frozen Peat Base**

A method of calculating settlement of buildings on frozen peat soil base with the use of viscous-plastic body is considered. The results of settlement calculations at any time of load effect are provided.

УДК 630.002.5

**Я.И. Шестаков, И.Н. Багаутдинов**

Шестаков Яков Иванович родился в 1937 г., окончил в 1970 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования Марийского государственного технического университета. Имеет более 140 печатных работ в области совершенствования конструкции лесозаготовительных машин.



Багаутдинов Ильдар Нургаязович родился в 1975 г., окончил в 1998 г. Марийский государственный технический университет, аспирант, ассистент кафедры эксплуатации машин и оборудования МарГТУ. Имеет 14 печатных работ по вопросам совершенствования конструкций лесозаготовительных машин, динамики манипуляторов и гидропривода.



### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗУБЬЕВ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО КРУГА ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ ЛП-19В**

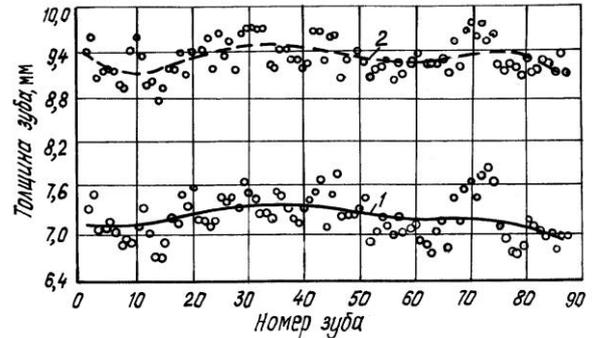
Приведены результаты исследования опорно-поворотного устройства ВПМ.

Ключевые слова: ВПМ, опорно-поворотный круг, зубья, износ.

В настоящее время надежность деталей, агрегатов и лесозаготовительных машин в целом находится на невысоком уровне. В валочно-пакетирующих машинах (ВПМ) ЛП-19В одним из наиболее нагруженных агрегатов является опорно-поворотное устройство (ОПУ), в частности механизм поворота платформы. В процессе эксплуатации происходит не только износ зубьев зубчатого зацепления, но также их излом и сколы кромок. Заменить опорно-поворотный круг (ОПК) с зубчатым венцом на лесосеке и на лесозаготовительном предприятии не всегда представляется возможным из-за отсутствия мощных грузоподъемных механизмов.

Для выявления характера и причин отказов нами на ООО «Фирма Лестехком» (г. Йошкар-Ола), которое занимается ремонтом ВПМ ЛП-19В, были обследованы зубчатые венцы семнадцати ОПК. По характеру износа их можно отнести к двум типам. В ОПК первого типа преобладают сколы кромок зубьев, второго – поверхностный износ (он наблюдается и у зубьев первого типа).

Рис. 1. Графики распределения толщины верхней (1) и нижней (2) кромок зубьев



При исследовании фиксировали длину оставшихся зубьев и их толщину на вершинах. После обработки собранных данных с помощью программы математического анализа STATISTICA 5.0 получены следующие результаты для ОПК первого типа: 8,7 % зубьев имеют сколы по длине до 57,6 %; у 44,1 % зубьев сколов практически нет; 0,49 % зубьев сколоты полностью и не могут участвовать в зацеплении. У ОПК второго типа сколото лишь 2,4 % зубьев, они имеют явно выраженный углообразный износ. Можно предположить, что эти машины использовали не так интенсивно или при заготовке деревьев малых объемов. На рис. 1 представлены графики толщин верхней и нижней кромок зубьев второго типа.

Результаты исследований показывают, что минимальная толщина кромки зуба на верхней части равна 5,8, максимальная 8,9 мм, на нижней соответственно 8,0 и 10,6 мм. На рис. 2 представлены графики распределения максимальных и минимальных значений толщины кромок зубьев ОПК.

Отклонения от первоначального состояния составляют:  $\delta_v$  соответственно 6,2 и 3,1 мм;  $\delta_n$  – 4,0 и 1,4 мм (рис. 3). Исходя из этих данных и геометрических соотношений в полученном треугольнике, можно установить, что зубья изношены под углом  $1^{\circ}3'$ . Это свидетельствует о значительном перекосе осей при передаче крутящего момента с выходного вала механизма поворота на зубья ОПК.

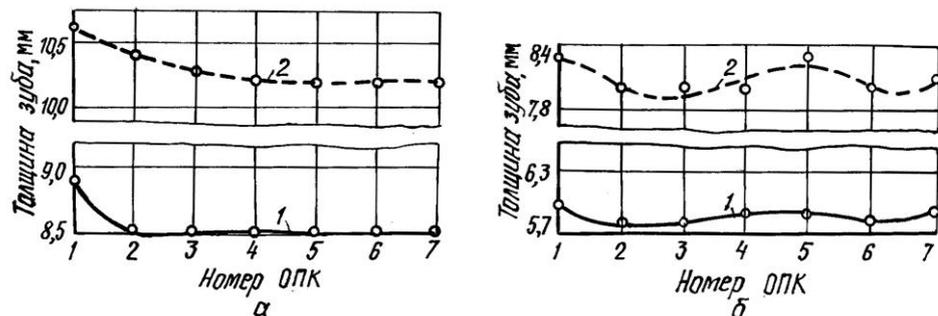


Рис. 2. Графики распределения максимальных (а) и минимальных (б) значений толщины кромок зубьев: 1 – верхней; 2 – нижней

С помощью программы STATISTICA 5.0 установлена корреляционная связь между поломками зубьев ОПК.

При сравнении полученных данных с результатами наших исследований в объединении «Залазнинсклес» ВПО «Кировлеспром» [2], где около 30 % зубьев ведомого венца ОПК имели обломы, достигающие 60 % длины зуба, видно, что их процент уменьшился, но далеко не исключен.

В ходе работ [2] было выявлено, что имеется начальная неплоскостность опорного круга

ОПК, связанная с технологией изготовления: сварка деталей приводила к короблению конструкции, что в итоге вызывало образование неплоскостности ОК. Замеры, проводившиеся после выработки машиной моторесурса, показали, что неплоскостность достигает 2,50 ... 2,75 мм, что в 3,4 раза выше допустимого предела. Формы круговых диаграмм неплоскостности ОК новых рам ВПМ ЛП-19 [2] симметричны относительно продольной оси машины, тогда как у машин, выработавших ресурс, они смещены в сторону лонжеронов рамы, что свидетельствует о недостаточной жесткости последних. По итогам исследований нами даны рекомендации технологического характера, в частности по снижению начальной неплоскостности (при изготовлении), что в итоге привело к уменьшению числа сколов зубьев, но не устранило их полностью. По мнению авторов [1], неплоскостность является одним из факторов увеличения перекаса осей в зубчатом зацеплении шестерня – ОПК и, как следствие, неравномерного распределения нагрузки по ширине зацепления.

Износ поверхности зубьев вызывает уменьшение толщины зубьев (рис. 2, 3) и ударные нагрузки, которые возрастают при торможении. Ударные нагрузки совместно с перекасом осей приводят к смятию поверхности, сколам кромок зубьев ОПК и в итоге к выходу из строя ОПК опорно-поворотного устройства (ОПУ) в целом. Ремонт ОПУ ВПМ на лесосеке невозможен из-за необходимости снятия поворотной платформы с технологическим оборудованием, поэтому возникают простои машины и дополнительные затраты на ее перевозку в ремонтные мастерские.

### Выводы

1. Исследованные ОПК сильно изношены и не подлежат дальнейшей эксплуатации.
2. Наметилась тенденция к уменьшению числа сколотых зубьев, при этом поломки зубьев ОПК носят взаимосвязанный характер.
3. Невысокая жесткость ОПУ приводит к увеличению неплоскостности ОК ОПУ и повышению перекаса осей; требуется увеличение жесткости ОК ОПУ.

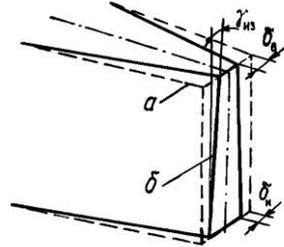


Рис. 3. Состояние зуба:

*a* – первоначальное;  
*б* – после износа

4. При расчетах зубьев ОПК рекомендуется учитывать все факторы, приводящие к появлению перекосов в зубчатом зацеплении.
5. Исследования ОПК и ОПУ необходимо продолжить.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Багаутдинов И.Н.* Виды и причины выхода из строя опорно-поворотных устройств // Рациональное использование лесных ресурсов. – Йошкар-Ола: Мар-ГТУ, 2001. – С. 163–164.
2. Оценка неплоскостности опорного кольца поворотной роликовой опоры машины ЛП-19А / Я.И. Шестаков, А.В. Муравьев, Л.А. Братчиков и др. // Строительные и дорожные машины. – 1991. – № 3. – С. 22–23.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 18.06.02

*Ya.I. Shestakov, I.N. Bagautdinov*

**Study of Teeth State of Bearing-turnable Device of Felling-bunching Machine LP-19V**

The study results of bearing-turnable device of a felling-bunching machine are presented.

---

УДК 630\*31.001.2

### ***В. Штоллманн***

Штоллманн Владимир родился в 1956 г. в ЧСФР (ныне Республика Словакия), окончил в 1980 г. Технический университет г. Кошице, кандидат наук в области технологии машиностроения, доктор философии в области лесной и сельскохозяйственной механизации, преподаватель Технического университета г. Зволена. Имеет более 50 печатных работ в области робототехники, автоматизации и механизации лесного хозяйства.



## **ВКЛАД В КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ**

Изучены возможные решения проблемы роботизации лесного хозяйства. Рассмотрены достоинства и недостатки шагающих, перелезающих и поднимающихся механизмов, проведено их сравнение. Главное внимание уделено поднимающимся механизмам.

Ключевые слова: роботы, механизмы, конструкции, преимущества и недостатки.

В промышленных роботах (ПР) кинематическое звено прочно укреплено на основе. Различают классическую конструкцию с основанием на корпусе и подвесную с вертикальным корпусом. При необходимости кинематические звенья ПР размещают на рельсах и индукционно управляемых транспортерах.

В отличие от ПР роботы для работы в лесном хозяйстве (ЛР) по конструкции аналогичны полигонным мобильным, должны обладать способностью передвигаться в сложных условиях.

В многооперационных добывающих аппаратах для передвижения в полевых условиях используют главным образом колесные тракторные и гусеничные шасси. Высококачественные технические решения многооперационных добывающих аппаратов (ВТС) основаны на шагающем шасси (рис. 1). Для них характерна высокая проходимость и отсутствие колеи на почве.

Принципы конструкции механических частей промышленных роботов и решение шасси ВТС, за исключением шагающих, принципиально не удовлетворяют требованиям ЛР. Конструкции ЛР должны обеспечивать: уверенное движение в тяжелых полевых условиях (валуны, пни, овраги, густые заросли, крутые склоны и т. д.); работу в плохих погодных условиях (глубокий снег, гололед, низкая или высокая температура, дождь, сильный ветер и т. д.).



Рис. 1. Шагающий многооперационный аппарат фирмы TIMBERJACK (Канада)

Рис. 2. Требования к конструкции:  
 1 – сохранение молодого насаждения;  
 2 – погодные условия; 3 – препятствия на местности; 4 – высокая стабильность; 5 – маленькое давление на почву; 6 – сохранение стволов растущих деревьев



Одновременно необходимо соблюдать требования по охране окружающей среды: ЛР не должны утрамбовывать лесную почву, причинять вред стволам растущих деревьев и насаждениям в целом, исключать влияние шума, вибрации, выхлопных газов и т. д.

Исходные требования для конструирования механических частей ЛР указаны на рис. 2. Понятно, что данным требованиям могут удовлетворить лишь новые оригинальные решения.

Проблему высокой проходимости по местности можно решить различными способами. Интересные конструкции механизмов разработаны в 70-х гг. в научно-исследовательском центре ЦНИИМЭ г. Иркутска.

На рис. 3 показано перелезающее устройство, спроектированное В.Н. Гарькушей и Л.А. Занегиным\*. Оно работает следующим образом. При помощи транспортного механизма, например трактора, устройство перемещают в заросли и укрепляют манипулятором 3 на самом близком стволе при помощи укрепляюще-пилящего низа 2. Второй манипулятор 10 фиксируют на следующем стволе. Одновременно при помощи гидравлического цилиндра 4 и тяги 12 на землю опускают платформу фундамента 1. Таким образом устройство стабилизируют в трех точках. Манипулятор 8 после укрепления и определения позиции отпиливает ствол дерева и кладет его на землю, затем находит следующий ствол и крепится на нем. Первый манипулятор спиливает дерево, и работа повторяется при одновременном движении устройства через заросли.

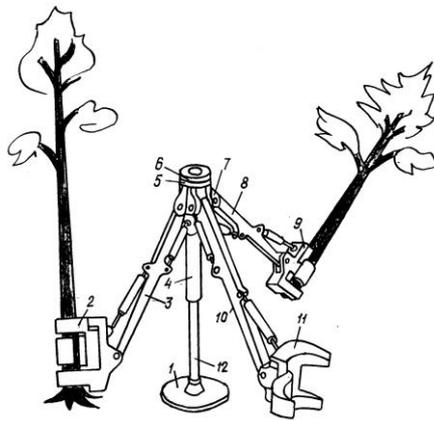


Рис. 3. Перелезающий робот

На рис. 4 показана поднимающаяся конструкция ЛР, предложенная на факультете лесного хозяйства в г. Зволене (Словакия). Такое конструктивное решение позволило значительно снизить степень неструктурированности пространства лесных насаждений.

Аэростат 9 находится на каркасе устойчивой конструкции, имеющем узел поворота 5 и стояночные скобы 2. Каркас аэростата с каркасом шасси ходовой части 3 образуют единое целое. Аэростат имеет форму диска, чем достигаются повышенная сопротивляемость его ветру и лучшая маневренность. Аэростат обивается материалом, стойким против ультра-фиолетового облучения, что предполагает длительный срок эксплуатации.

Под аэростатом 9 расположена гондола, укрепленная с помощью узла поворота 11, и ходовой агрегат 7. В кондиционированной гондоле находится кабина для ручного управления роботом, охраняемая от вредных

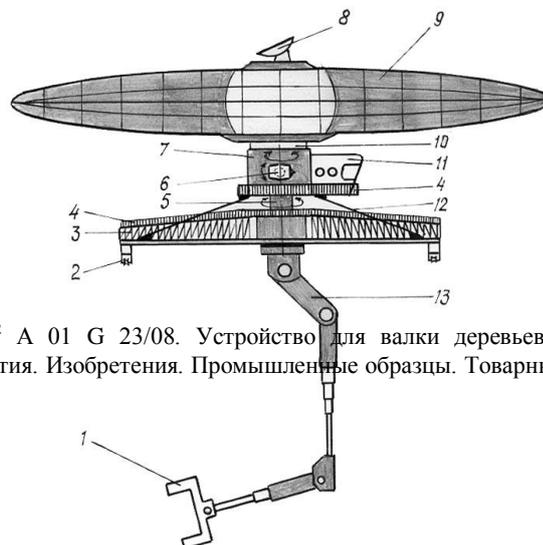


Рис. 4. Аэростат

\* А.с. 643123 СССР, МКИ<sup>2</sup> А 01 G 23/08. Устройство для валки деревьев / В.Н. Гарькуша, Л.А. Занегин // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1979. – № 3. – С. 8.

влияний погоды. Около гондолы на общей балке размещен дистанционно управляемый дизельный агрегат, являющийся центральным источником энергии. Электрическая сеть питает электронику системы управления, а также насосы гидравлической сети, воздушные компрессоры и откидные звенья пропеллера б.

Откидные звенья пропеллера и роторное звено 10 служат для управления аэростатом. Вертикально откидные пропеллеры позволяют менять вертикальное, ротационное звено – горизонтальное направление движения аэростата. Запуск пропеллеров в горизонтальной плоскости приводит аэростат в движение во фронтальном направлении.

Рабочий механизм робота 13 подвижно подвешен на каркасе 3, имеющем стержневую конструкцию из специальных легких и прочных материалов. Конструкция представляет собой несущую балку с провисающими концами, укрепленную при помощи стержней 12. В верхней части несущая балка имеет дорожку с перилами 4.

На каркасе 3 подвижно подвешена механическая часть работающего механизма 13, что позволяет определять позиции и ориентацию обменного рабочего устройства 1. Предложенная концепция дает возможность использовать в конструкции рабочего механизма принципы, испытанные на промышленных роботах.

В верхней части аэростата размещен приемник сигнала спутниковой навигационной системы 8, например ГПС (США), ГЛОНАСС (Россия). Это позволяет избежать отрицательного влияния смыкания крон деревьев на прием спутникового сигнала, чем достигается максимально возможная точность при определении географических координат.

Лесные роботы должны обеспечивать: высокое качество заготовленной древесины, точное соблюдение технологии, отсутствие повреждений спиливаемых деревьев, охрану природы (почва, лесные насаждения, молодые насаждения, атмосфера, грунтовые воды и т. д.), непрерывное повышение оплаты труда рабочих, его безопасность и культуру, а также иметь высокую мощность, необходимую, главным образом, при устранении завалов, тушении пожаров и т. д.

Для сравнения отдельных проектных решений рассмотрим их преимущества и недостатки.

#### 1. Механизмы, перелезающие по стволам деревьев:

Преимущества: отсутствие повреждений почвы и молодых деревьев, беспрепятственное перемещение по местности, независимость от погодных условий, простота конструкции, высокая устойчивость.

Недостатки: повреждение стволов растущих деревьев, необходимость посадки насаждений в периодических рядах, неудобства при устранении лесных завалов, потребность в дорогах для перемещения устройства.

#### 2. Шагающие механизмы:

Преимущества: отсутствие колеи в насаждениях, высокая по сравнению с тракторами проходимость, независимость от транспортной сети в лесной местности.

Недостатки: утрамбовывание почвы, повреждение стволов растущих деревьев, низкая скорость перемещения.

### 3. Поднимающиеся механизмы:

Преимущества: независимость от транспортной сети лесного хозяйства, беспроблемное перемещение по труднопроходимой местности с препятствиями (валуны, пни, овраги, подмываемая почва), относительно низкий расход топлива, отсутствие повреждений почвы, молодых насаждений и стволов растущих деревьев, возможность быстрого включения в работу, комплексного использования фитомассы, большая мощность и высокая грузоподъемность, универсальное использование, характерное для сезонных работ в лесном хозяйстве.

Недостатки: зависимость от погодных условий, большие финансовые затраты.

Прогресс в лесном хозяйстве однозначно направлен на применение экономичных форм работы. Трендом является транспортировка по воздуху. Вертолеты уже давно стали необходимостью в лесном хозяйстве, они используются главным образом в тяжелых производственно-технических условиях горных местностей, при устранении лесных завалов и в местах с угрозой эрозии почвы.

Поднимающимся ЛР не нужна транспортная сеть для перемещения на большие расстояния. Они передвигаются по воздушным трассам или непосредственно на месте работы при помощи тросов.

Окупаемость вложенных средств предопределена: мобильностью всего устройства (система заменяемых рабочих головок позволяет использовать эти работы при валке деревьев, посадке саженцев, химической охране насаждений и культур, постройке водохранилищ, тушении пожаров и т. д.) использованием устройства в течение круглого года; возможностью работы в ночное время суток.

Технический университет г. Зволен

Поступила 17.05.01

*V. Shtollmann*

## **Input into Designing Forest-industrial Robots**

Possible solutions of robotic automation of forestry have been studied. The advantages and disadvantages of walking, over-getting and ascending mechanisms have been analyzed; their comparison has been carried out. The main attention is paid to ascending mechanisms.

---



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.032.442

*В.И. Пчелин, А.Х. Газизуллин, Е.И. Патрикеев*

Газизуллин Ахмадулла Хадеевич родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и природопользования Марийского государственного технического университета. Имеет более 200 печатных работ в области исследования почв лесных экосистем Среднего Поволжья, их генезиса, свойств и связи с составом и продуктивностью древостоев.



### **ВЛИЯНИЕ ТИПА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НАСАЖДЕНИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Установлена зависимость между типами лесорастительных условий, почвами и макростроением, плотностью и прочностью древесины сосны обыкновенной Среднего Поволжья.

Ключевые слова: тип лесорастительных условий, почва, макростроение, плотность, прочность, древесина.

Повышение продуктивности лесов и ускоренное выращивание промышленных насаждений органически связано с необходимостью формирования в процессе лесовыращивания древесины целевого назначения. Качество древесины должно стать одним из ее показателей при определении сравнительной стоимости, поскольку это влияет на качество выпускаемой продукции, экономию трудовых и лесосырьевых ресурсов, на технологические процессы и охрану природы [1, 2, 4, 5].

Знание закономерностей изменчивости качества древесины насаждений в связи с влиянием биоэкологических факторов является теоретической основой выращивания высококачественной древесины в целевых насаждениях высокой продуктивности, позволяет более обоснованно подойти к разработке практических рекомендаций [4, 5].

Оценка качества древесины сосны обыкновенной в связи с лесорастительными условиями представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Нами проведено исследование древесины сосны, произрастающей в различных лесорастительных условиях в лесах Среднего Поволжья. Пробные площади были заложены в высокополнотных древостоях естественных и искусственных насаждений. Отбор модельных деревьев, изготовление и испытание образцов древесины проведено с учетом методов, применяемых в древесиноведении [3–5].

Макростроение древесины тесно связано с условиями роста. В 60–80-летних древостоях сосны средняя ширина годичных слоев на высоте 1,3 м на песчаных почвах составила 1,3 ... 1,6 мм, на супесях – 1,8 мм, на богатых суглинистых почвах – 3,0 ... 3,5 мм (табл. 1). В связи с почвами варьируется процент поздней древесины: на бедных песчаных почвах – 28 ... 37 %, на плодородном суглинке – 25 %. Эти различия существенны и достоверны.

Макроструктура древесины в стволе сосны обусловлена не только возрастными периодами и свойствами гумусового горизонта, но и общим уровнем плодородия почвы, строением ее профиля, глубиной развития почвенных горизонтов. Переход корневых систем из богатых к относительно бедным слоям почвы сказывается на радиальном приросте. На почвах с более развитым гумусовым горизонтом отмеченные изменения наступают позднее.

Таблица 1

**Макростроение древесины сосны (на высоте 1,3 м)  
в связи с лесорастительными условиями**

| Типы леса и лесорастительных условий              | Почва                                                             | Возраст древостоя, лет | Ширина годичного слоя, мм | Процент поздней древесины |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| С. брусничный, А <sub>2</sub>                     | Песчаная на слоистых песках                                       | 58*                    | 1,4±0,2                   | 37,0±3,5                  |
| То же                                             | Песчаная на рыхлых песках                                         | 59                     | 1,6±0,4                   | 32,5±2,8                  |
| »                                                 | Песчаная на рыхлых песках                                         | 80                     | 1,3±0,5                   | 31,1±0,4                  |
| »                                                 | Песчаная на песках                                                | 60                     | 1,6±0,1                   | 28,2±1,3                  |
| С. липовый, С <sub>2</sub>                        | Серая лесная супесчаная (слоистая)                                | 63                     | 1,8±0,1                   | 28,5±1,2                  |
| С. липовый, Д <sub>2</sub>                        | Тяжелосуглинистая коричнево-бурая лесная                          | 70                     | 3,5±0,4                   | 24,7±1,4                  |
| С. разнотравный, С <sub>2</sub>                   | Светло-серая лесная легкосуглинистая на слоистых песчаных наносах | 60                     | 2,1±2,0                   | –                         |
| С. лещичный, С <sub>2</sub> -Д <sub>2</sub>       | Легкосуглинистая на лессовидных суглинках                         | 76                     | 2,9±2,0                   | 41,4±1,7                  |
| С. дубово-липовый, С <sub>2</sub> -Д <sub>2</sub> | Легкосуглинистая на карбонатах                                    | 66                     | 3,0±1,0                   | 35,3±3,0                  |

\* Здесь и далее, в табл. 2, 3, пробные площади заложены в естественных насаждениях, остальные – в культурах сосны.

Таблица 2  
Базисная плотность ( $\text{кг/м}^3$ ) древесины сосны (на высоте 1,3 м)

| Почва                                                               | Возраст<br>древостоя, лет | Статистические показатели |             |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|---------|---------|---------|
|                                                                     |                           | $x$                       | $\pm\sigma$ | $\pm m$ | $C, \%$ | $P, \%$ |
| Песчаная на песках                                                  | 60                        | 454                       | 54,9        | 8,2     | 12,1    | 1,8     |
| Песчаная на слоистых песках                                         | 58*                       | 506                       | 52,9        | 11,8    | 10,4    | 2,3     |
| Песчаная на рыхлых песках                                           | 80                        | 535                       | 63,1        | 15,5    | 11,8    | 2,9     |
| То же                                                               | 68*                       | 481                       | 42,8        | 15,8    | 8,9     | 3,3     |
| Серая лесная супесчаная<br>(слоистая)                               | 63                        | 433                       | 31,5        | 12,9    | 7,3     | 3,0     |
| Слоистая легкосуглинистая<br>на песках                              | 60                        | 445                       | 59,6        | 3,9     | 13,4    | 0,9     |
| Легкосуглинистая на карбонатах                                      | 66                        | 427                       | 24,3        | 9,0     | 5,7     | 2,1     |
| Легкосуглинистая на лессовид-<br>ных суглинках                      | 75                        | 448                       | 28,0        | 16,1    | 6,2     | 3,6     |
| Тяжелосуглинистая коричнево-<br>бурая лесная                        | 70                        | 418                       | 86,1        | 15,5    | 20,6    | 3,7     |
| Супесчаная на многочисленных<br>отложениях                          | 95                        | 505                       | 62,3        | 13,6    | 12,3    | 2,7     |
| Тяжелосуглинистая на покров-<br>ных глинах, подстилаемых<br>песками | 95                        | 492                       | 51,7        | 11,3    | 10,5    | 2,3     |
| Черноземы типичные тяжело-<br>суглинистые                           | 57                        | 415                       | 57,7        | 22,0    | 13,9    | 5,3     |

Таблица 3  
Прочность древесины сосны при сжатии вдоль волокон (МПа)  
в связи с лесорастительными условиями

| Тип<br>лесорастительных<br>условий | Почва                                       | Возраст<br>древостоя,<br>лет | Статистические показатели |             |         |         |         |
|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|---------|---------|---------|
|                                    |                                             |                              | $x$                       | $\pm\sigma$ | $\pm m$ | $C, \%$ | $P, \%$ |
| A <sub>2</sub>                     | Песчаная на песках                          | 60                           | 54,4                      | 12,0        | 1,8     | 22,1    | 3,3     |
| A <sub>2</sub>                     | Песчаная на рыхлых<br>песках                | 64*                          | 53,9                      | 3,5         | 1,7     | 6,5     | 3,2     |
| C <sub>2</sub>                     | Серая лесная супесчаная<br>(слоистая)       | 63                           | 61,4                      | 4,7         | 1,6     | 7,6     | 2,6     |
| C <sub>2</sub> -D <sub>2</sub>     | Легкосуглинистая на<br>карбонатах           | 66                           | 47,4                      | 6,0         | 1,4     | 12,6    | 3,0     |
| D <sub>2</sub>                     | Тяжелосуглинистая<br>коричнево-бурая лесная | 70                           | 49,9                      | 10,7        | 1,9     | 21,5    | 3,9     |
| D <sub>2</sub>                     | Тяжелосуглинистая<br>на покровных глинах    | 95                           | 47,6                      | 10,1        | 0,8     | 21,2    | 1,6     |

Базисная плотность древесины сосны на песчаных и супесчаных почвах в 60 – 80-летних древостоях составляет 450 ... 535  $\text{кг/м}^3$ , на суглинках и глинах – 418...450  $\text{кг/м}^3$ . На типичных черноземах средняя плотность древесины наиболее низкая – 415  $\text{кг/м}^3$ .

Различия между указанными группами насаждений сосны по плотности древесины достаточно высокие (табл. 2).

Механические свойства древесины выше в сосняках, произрастающих на песчаных и супесчаных почвах, где в 60 – 65-летних насаждениях прочность при сжатии вдоль волокон достигает 54 ... 61 МПа. На богатых почвах она равна 47...50 МПа, несмотря на то, что возраст древостоя в данном случае составляет 70 и 95 лет (табл. 3).

Интересно отметить, что показатели плотности и прочности древесины сосны Среднего Поволжья согласуются со средними данными для основных древесных пород России [3, 5].

#### *Вывод*

Лесорастительные условия существенно влияют на свойства древесины сосны, вызывая изменения в ее макростроении, плотности и прочности. На высокоплодородных почвах увеличивается ширина годичных слоев, снижаются плотность и прочность древесины, что необходимо учитывать при подборе участков для создания насаждений сосны целевого назначения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелехов И.С. Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.
2. Поздняков Л.К. Проблемы лесного ресурсоведения // Биологические ресурсы Сибири. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1980. – С. 5–14.
3. Полубояринов О.И. Древесиноведение (таблицы, формулы, графики): Учеб. пособие. – СПб, 1997. – 28 с.
4. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 159 с.
5. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами товароведения: Учебник для лесотехнических вузов. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

Марийский государственный технический университет

Поступила 18.06.02

*V.I. Pchelin, A.Kh. Gazizullin, E.I. Patrikeev*

#### **Influence of Forest Environment Type on Wood Quality of *Pinus Sylvestris* in Stands of Middle Volga Region**

The dependence between forest environment conditions, soils and macrostructure, density and wood strength of *Pinus Sylvestris* of the Middle Volga Region has been established.



УДК 519.22/.25

*М.В. Боярский*

Боярский Михаил Владимирович родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент Марийского государственного университета. Имеет более 50 печатных работ в области исследования процессов резания древесины, ее физико-механических свойств и статистической обработки результатов исследований.



### **О ВЫЯВЛЕНИИ И ИСКЛЮЧЕНИИ АНОМАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ДЕРЕВООБРАБОТКИ**

Проанализированы применяемые критерии грубых ошибок, основанные на оценке нормированного отклонения подозрительных результатов от среднего арифметического. Показана их непригодность при малом числе измерений. Предложена новая методика оценки и рассчитаны критические значения нормированного отклонения при числе измерений от 3 до 10. Отмечено существенное влияние асимметрии выборки на критическое значение критерия.

Ключевые слова: статистика, промах, выявление, исключение.

Статистически достоверная обработка результатов научных исследований – трудоемкий процесс, предусматривающий наличие большого информационного массива данных, формирование которого представляется достаточно сложным.

При определении характеристик древесины, обработке результатов наблюдений и проведении исследований аномальные результаты оказывают наиболее существенное влияние на статистические характеристики контрольных выборок, особенно при малом числе испытаний, поэтому правильная оценка подозрительных результатов, их учет или исключение, является первоочередной задачей при обработке статистических рядов.

Для оценки подозрительных результатов в настоящее время имеется целый ряд критериев и рекомендаций, выбор которых позволяет формально обосновать диаметрально противоположное истолкование этих результатов, что существенно облегчает их субъективную (и столь же существенно затрудняет их объективную) оценку.

Насколько важна объективная оценка аномальности подозрительных результатов (при нынешнем стремлении к минимальному числу дублированных измерений) можно видеть из следующего примера.

Пусть при трех измерениях одного и того же объекта получены следующие значения:  $y_1 = 1,0$ ;  $y_2 = 4,5$  и  $y_3 = 2,0$ . С учетом всех трех измерений имеем  $y_1 = 2,5$  и  $S_1 = 1,803$ , без учета  $y_2$  получаем  $y_2 = 1,5$  и  $S_2 = 0,707$  ( $y_1$ ,  $y_2$  и  $S_1$ ,  $S_2$  – средние арифметические и средние квадратические отклонения для полной и усеченной (т.е. с учетом и без учета подозрительного результата) выборок).

Получается огромная разница: по среднему арифметическому – в 1,70 раза, по среднему квадратическому отклонению (и доверительному интервалу) – в 2,55 раза.

Рассмотрим статистические оценки аномальности подозрительного результата  $y_2 = 4,5$  по разным критериям и рекомендациям. Наиболее многочисленными и научными являются критерии, основанные на оценке нормированного отклонения подозрительного результата от среднего арифметического:

$$t_p = |y_n - \bar{y}_1| / S < t_T, \quad (1)$$

где  $t_p$  – расчетное значение нормированного отклонения;

$y_n$  – подозрительный результат;

$t_T$  – табличное значение критерия аномальных результатов.

К этим критериям относятся [2]: критерий Райта –  $t_{TR}$ ; Стьюдента –  $t_{TS}$ ; Шарлье –  $t_{Шр}$ ; Шовене –  $t_{Шв}$ ; Греббса–Смирнова –  $t_{ГС}$ .

Табличные значения перечисленных критериев аномальных отклонений приведены в табл. 1.

Рассмотрим, как соотносятся расчетные значения нормированных отклонений подозрительного результата  $y_2$  в нашем примере с табличными значениями различных критериев.

В примере для  $y_2$  имеем

$$t_{p1} = |y_2 - \bar{y}_1| / S_1 = |4,5 - 2,5| / 1,803 = 1,109; \quad (2)$$

$$t_{p2} = |y_2 - \bar{y}_2| / S_2 = |4,5 - 1,5| / 0,707 = 4,24. \quad (3)$$

По критерию Райта  $t_{p2} = 4,24 > 4,00$ , т.е.  $y_2$  следует признать аномальным результатом. По остальным критериям  $t_{p1} = 1,109 < t_{TR} = 1,389 < t_{ГС} = 1,406$ , т.е.  $y_2$  не является аномальным результатом.

Таким образом, выбирая вид критерия, можно получить желаемую оценку подозрительного результата. Какова объективная оценка?

Таблица 1

Табличные значения критериев аномальных результатов

| Число измерений $n$ | $t_{TS}$ при $q, \%$ |       |       | $t_{Шр}$ | $t_{Шв}$ | $t_{ГС}$ при $q, \%$ |       |       |
|---------------------|----------------------|-------|-------|----------|----------|----------------------|-------|-------|
|                     | 10                   | 5     | 1     |          |          | 10                   | 5     | 1     |
| 3                   | 1,640                | 2,350 | 4,540 | –        | 1,389    | 1,406                | 1,412 | 1,414 |
| 4                   | 1,530                | 2,130 | 3,750 | 1,150    | 1,530    | 1,645                | 1,689 | 1,710 |
| 5                   | 1,480                | 2,015 | 3,360 | 1,280    | 1,645    | 1,791                | 1,869 | 1,917 |
| 6                   | 1,440                | 1,943 | 3,140 | 1,389    | 1,730    | 1,894                | 1,996 | 2,067 |
| 7                   | 1,415                | 1,895 | 3,000 | 1,465    | 1,800    | 1,974                | 2,093 | 2,182 |
| 8                   | 1,397                | 1,860 | 2,900 | 1,530    | 1,860    | 2,041                | 2,172 | 2,273 |
| 9                   | 1,383                | 1,833 | 2,820 | 1,592    | 1,910    | 2,097                | 2,238 | 2,349 |
| 10                  | 1,372                | 1,812 | 2,760 | 1,645    | 1,960    | 2,146                | 2,294 | 2,540 |

Примечание. Табличный критерий Райта  $t_{TR} = 4$ .

Таблица 2

**Зависимость расчетной величины нормированного отклонения  $t_p$  подозрительного измерения от среднего арифметического при  $n = 3$**

| Показатели  | Значения показателей для разных $y_2$ |        |       |       |       |       |       |        |          |
|-------------|---------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
|             | 3                                     | 4      | 5     | 6     | 8     | 10    | 15    | 30     | $\infty$ |
| $\bar{y}_l$ | 2,0                                   | 2,333  | 2,667 | 3,000 | 3,667 | 4,333 | 6,000 | 11,000 | –        |
| $S_l$       | 1,0                                   | 15,280 | 2,082 | 2,646 | 3,786 | 4,933 | 7,810 | 16,462 | –        |
| $y_2 - y_l$ | 1,0                                   | 1,667  | 2,333 | 3,000 | 4,333 | 5,666 | 9,000 | 19,000 | –        |
| $t_{p1}$    | 1,0                                   | 1,091  | 1,121 | 1,134 | 1,145 | 1,149 | 1,152 | 1,154  | 1,1547   |

Для этого рассмотрим зависимость  $t_{p1}$  от величины отклонения  $y_2$  от  $y_1$  при ранее принятых значениях  $y_1 = 1$  и  $y_3 = 2$  (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что расчетные значения нормированного отклонения по статистикам полной выборки при  $n = 3$  не могут быть меньше 1,0 и больше 1,1547.

Сравнивая эти значения  $t_{p1}$  со значениями критериев в табл. 1, можно сделать вывод, что ни один из критериев не пригоден для выявления аномальных отклонений при  $n = 3$ , так как все они больше максимально возможного значения  $t_{p1}$ .

Для приближенной оценки аномальных отклонений можно предложить расчетное отношение отклонения подозрительного результата от границы основной группы измерений к размаху основной группы по критерию Стьюдента:

$$t_s = (y_2 - y_3) / (y_3 - y_1). \quad (4)$$

По величине  $t_s$  для основных процентных точек определим абсолютную величину  $y_2$  и основные статистики:

$$y_2 = y_3 + t_s(y_3 - y_1); \quad (5)$$

$$\bar{y} = (y_1 + y_2 + y_3) / 3; \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (y_i - \bar{y})^2 / (n-1)}; \quad (7)$$

$$t_p = (y_2 - y_1) / S. \quad (8)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Значения нормированной величины  $t_p$  аномальных отклонений от среднего арифметического  $T_c$  при  $n = 3$**

| Показатели | Значения показателей для разных уровней значимости $q$ , % |       |       |       |       |       |        |        |
|------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|            | 10,00                                                      | 5,00  | 2,50  | 1,00  | 0,50  | 0,25  | 0,10   | 0,05   |
| $T_c$      | 1,638                                                      | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 | 7,453 | 10,214 | 12,924 |
| $t_p$      | 1,070                                                      | 1,105 | 1,124 | 1,138 | 1,144 | 1,148 | 1,151  | 1,152  |

Таблица 4

**Значения нормированной величины  $t_p$  аномальных отклонений  
от среднего арифметического для основных уровней значимости  $q$**

| $q$ ,<br>% | Значение $t_p$ при разных $n$ |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 3                             | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 10         | 1,070                         | 1,392 | 1,661 | 1,896 | 2,106 | 2,300 | 2,477 | 2,644 |
| 5          | 1,105                         | 1,433 | 1,706 | 1,946 | 1,161 | 2,357 | 2,539 | 2,709 |
| 1          | 1,138                         | 1,473 | 1,753 | 1,959 | 2,216 | 2,416 | 2,601 | 2,775 |
| 0          | 1,1547                        | 1,500 | 1,789 | 2,040 | 2,270 | 2,475 | 2,667 | 2,848 |

Аналогично можно получить табличные значения  $t_p$  при других значениях  $n$  для основных уровней значимости  $q = 10, 5$  и  $1\%$  (табл. 4).

Сравнивая данные табл. 4 с табл. 1, получаем, что критерий Шарлье при  $n \geq 4$  допускает отсеивание случайных отклонений в качестве аномальных, причем с большой разницей в величине нормированных отклонений: при  $n = 4$  имеем  $t_{тШр} = 1,150$  вместо 1,392, а при  $n = 10$  имеем  $t_{тШр} = 1,645$  вместо 2,644 при  $q = 10\%$

По критерию Шовене при  $n = 3$  и  $4$ , наоборот, аномальные отклонения выявляться не будут, так как табличное значение критерия больше максимально возможной величины  $t_p$ .

По критерию Греббса–Смирнова такая ситуация наблюдается до  $n \leq 5$ , и только при  $n > 5$  возможно выявление аномальных отклонений. Зато при  $n > 6$  по критериям Шовене и Греббса–Смирнова возможно повышенное выявление случайных отклонений в качестве аномальных (по сравнению с табл. 4).

Для выявления аномальных результатов по данным табл. 4 можно использовать рекомендации из работы [1]:

1) если  $t_p < t_t$  при  $q \geq 10\%$ , то подозрительный результат следует рассматривать как случайное отклонение, т.е. не считать его аномальным;

2) если  $t_p < t_t$  при  $10\% > q > 5\%$ , то подозрительный результат следует считать скорее аномальным отклонением, чем случайным;

3) если  $t_p > t_t$  при  $q \leq 5\%$ , то подозрительный результат, как правило, является аномальным отклонением.

В дополнение к изложенному, можно отметить, что табличные значения критерия аномальных отклонений имеют однозначную величину только при  $n = 3$ , а при  $n \geq 4$  они зависят не только от  $q$ , но и от распределения результатов внутри основной группы.

Так, для  $n = 4$  и  $q = 10\%$  получены следующие величины  $t_t$  в зависимости от распределения измерений внутри основной группы (табл. 5).

Из табл. 5 видно, что отклонения от среднего значения  $t_p = 1,367$  могут достигать  $\pm 7\%$  (при  $n = 4$ ).

Аналогично получены значения для  $n = 5$  (от 1,661 до 1,900 при  $q = 10\%$ ) и для  $n = 6$  (от 1,868 до 2,181 при  $q = 10\%$ ).

Таблица 5

Значения нормированной величины  $t_p$  аномальных отклонений от среднего значения и показателя асимметрии  $A$  для  $q = 10\%$  и  $n = 4$  в зависимости от распределения результатов внутри основной группы при  $y_4 = 3,533$

| Число измерений для $y$ |           |           | $t_p$ | $A$    |
|-------------------------|-----------|-----------|-------|--------|
| $y_1=1,0$               | $y_2=1,5$ | $y_3=2,0$ |       |        |
| 2                       | 0         | 1         | 1,265 | 0,2134 |
| 1                       | 1         | 1         | 1,392 | 0,4543 |
| 1                       | 0         | 2         | 1,445 | 0,5359 |

При этом выявлена довольно четкая зависимость  $t_p$  от показателя асимметрии всей выборки (с учетом подозрительного результата).

Например, для  $n = 6$  и  $q = 10\%$  получено уравнение

$$t_p = 1,11 + 0,628A \quad (9)$$

со средней ошибкой аппроксимации менее 0,4 %.

В отношении отсеивания аномальных результатов можно дать следующие рекомендации:

1) аномальные результаты многократных измерений одного и того же объекта надо отсеивать как промахи в измерениях;

2) аномальные результаты измерений нескольких однородных объектов следует тщательно изучать в качестве основных носителей информации об источниках брака или, наоборот, об условиях получения аномальных положительных результатов.

Таким образом, объективное выявление и отсеивание аномальных результатов представляется весьма ответственной и достаточно сложной операцией, требующей от исследователя осмысленного (а не формального) применения имеющихся критериев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов В.А., Маркова Е.В. Проблемы внедрения концепции неопределенности результатов измерений в практику обработки и представления измерительной информации // Материалы 5-ой Всероссийской научно-техн. конф. «Состояние и проблемы технических измерений». – М.: МГТУ, 1998 – С. 6–7.

2. Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.

Марийский государственный технический университет

Поступила 18.06.02

*M.V. Boyarsky*

#### **Detection and Elimination of Abnormal Observation Results in Woodworking Processes**

The criteria of gross mistakes based on estimation of normalized deviation of suspicious results from the mean value have been analyzed. Their unsuitability at low number of measurements is shown. New technique of estimation is offered and critical values of normalized deviation at the number of measurements from 3 to 10 are calculated. The sufficient influence of sample dissymetry on criterion critical value is registered.

УДК 630\*181.65:582.475.2

**И.П. Демитрова**

Демитрова Ирина Павловна родилась в 1964 г., окончила в 1986 г. Марийский политехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета. Имеет более 20 научных публикаций.



### **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЕЛИ**

Проанализирован радиальный прирост зон годовых колец ели; определено влияние возраста на динамику прироста; рассчитаны индексы прироста; выделены группы деревьев, имеющие сходный «отклик» на комплекс климатических воздействий; приведена оценка восприимчивости древесными растениями воздействующих факторов.

Ключевые слова: ель, индексы прироста, возраст, климат, солнечная активность, структура древостоя.

Изучение связи роста древесных растений со средой и условиями обитания в пространстве и времени, получение достоверной информации об их реакции на изменение климата является важной проблемой как регионального, так и глобального масштаба.

Волго-Вятский регион отличается высокоразвитым промышленным производством. Он потребляет и поставляет древесные ресурсы в центральные районы. В то же время глобальные изменения климата и антропогенные факторы влияют на условия воспроизводства видов, в частности ели, южная граница которой проходит по Среднему Поволжью. В настоящее время в регионе остро стоит проблема сохранения и восстановления еловых лесов, для решения которой надо изучить и оценить влияние внешних и внутренних факторов на структуру еловых древостоев. В данной работе подобная оценка выполнена по одному признаку, а именно, по изменчивости радиального роста деревьев, составляющих древостой, применительно к конкретным климатическим условиям Марийского Заволжья в зоне интрогрессивной гибридизации ели сибирской (*Picea obovata* Ledev.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst. (*Picea excelsa* (Lam.) Link.)).

Целью настоящей работы является установление связей между количественными параметрами элементов годичного прироста ели и комплексом внешних (гелиофизических и климатических) и внутренних (биологических) факторов, под влиянием которых происходит формирование радиального прироста отдельных деревьев и структуры древостоя в целом.

В основу исследований положены материалы изучения хода радиального прироста модельных деревьев с пробных площадей, заложенных в

естественных древостоях распространенных типов леса: ельнике-кисличнике (пробная площадь I) и ельнике папоротниковом (II) на территории Моркинского и Семисолинского лесничеств Моркинского лесхоза республики Марий Эл. (На территории республики елью в подобных условиях произрастания занята площадь 76,573 тыс. га). На каждой пробной площади отобрано по 20 деревьев одного диаметра и высоты с одинаковыми морфологическими признаками, которые составляют большинство в древостое (II класс бонитета). Учтено расстояние между деревьями, пороки ствола. Образцы (керны) выбраны возрастным буровом на высоте 1,3 м от корневой шейки. Определены показатели макростроения. В основу погодных характеристик положены метеорологические показания метеостанции поселка Морки, ближайшей к объектам исследования (в пределах 30 км). Экспериментальные материалы обработаны общепринятыми статистическими методами [5, 10–12] в программных средах Microsoft EXCEL 97; Stat Soft Inc STATISTICA 95, USA; Manugistic Inc. STATGRAPHICS.

Об адаптивной реакции древесного организма на протяжении всего его онтогенеза можно судить только по изменчивости функциональных параметров тех или иных структурных элементов ксилемы, обеспечивающих при сложившихся условиях оптимальный рост и существование. Амплитуда изменчивости прироста характеризует потенциал дерева и степень его чувствительности к воздействующим факторам.

В результате кластерного анализа [6] в каждом древостое выделены кластеры (группы), объединяющие деревья со сходными возрастными тенденциями прироста. В условиях пробной площади I выявлены две группы деревьев. Кластер IA включает особи, имеющие сходные тенденции возрастных изменений, на долю которых приходится до 82,4 % дисперсии прироста. Кластер IB составляют деревья, отличающиеся индивидуальными особенностями возрастных изменений ( $r^2 = 40,44 \dots 89,10$  %). В условиях пробной площади II структура древостоя представлена четырьмя кластерами: IIA, IIB, IIC, IID. Объясненный процент дисперсии прироста деревьев для кластеров находится в пределах 66,0 ... 77,0 %. Кластер IID составляют особи с индивидуальными особенностями.

Радиальный прирост древесины включает: тренд (долговременные изменения ширины годичного слоя, обусловленные возрастом); приросты, величины которых находятся под влиянием изменений состояния дендроценоза; приросты, контролируемые изменениями климатических факторов. В качестве моделей временного ряда – трендов использованы:

1) модифицированная крупно-волновой компонентой первая производная (2) формулы Митчерлиха (1), адекватно описывающая возрастные изменения радиальных приростов и отражающая долговременные изменения внутриценотических отношений, а также имеющая наилучшее «биофизическое обоснование» [4, 7]:

$$y = a \left[ 1 - \exp(-kx) \right]^b + m; \quad (1)$$

$$y' = kab \left[ 1 - \exp(-kx) \right]^{b-1} \exp(-kx) + m, \quad (2)$$

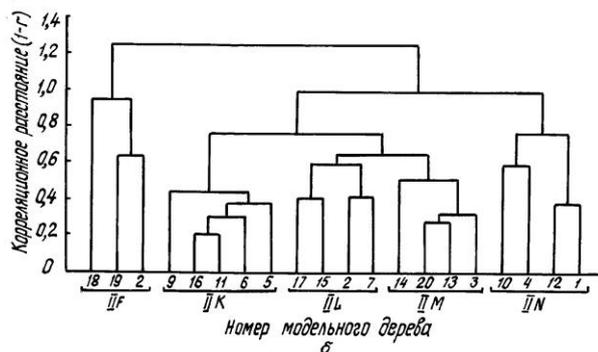
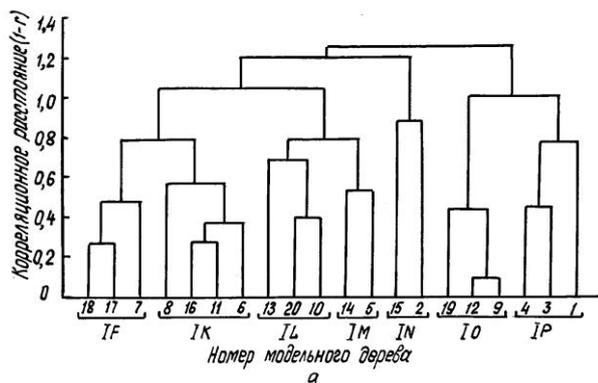
где  $y$  – прирост;  
 $x$  – возраст;  
 $m$  – крупноволновая компонента;  
 $k, a, b$  – параметры функции;

2) полином шестой степени для модельных деревьев кластера ПД.

В результате выполненных расчетов установлено, что возраст в среднем по кластеру IA объясняет до 67,56 % прироста ранней древесины и 64,37 % прироста поздней древесины модельных деревьев; по IB – соответственно 53,86 и 54,92 %; по IА – 73,25 и 65,06 %; по IB – 66,79 и 60,80 %; по IC – 49,72 и 57,33 %; по ID – 31,86 и 51,38 %.

Климатические составляющие прироста рассчитывали как вариативность этого признака относительно выделенного многолетнего тренда, позволяющего исключить фактор возраста и внутриценотические изменения. Индексы прироста получены делением абсолютной величины прироста за каждый год на значение прироста за тот же год, рассчитанное по уравнению тренда. Индекс отражает изменчивость приростов в относительных безразмерных величинах [1, 2, 8, 9].

В результате кластерного анализа индексов прироста елей пробной площади I (рисунок, а) выделено 7 групп деревьев, имеющих сходный



Дендрограмма кластерного объединения модельных деревьев ельника-кисличника (а) и ельника папоротникового (б) по индексам прироста

«отклик» на комплекс внешних воздействий: кластер IF образуют 15 % деревьев ( $r = 0,632 \dots 0,725$ ), кластер IK – 20 % ( $r = 0,512 \dots 0,715$ ), кластер IL – 15 % ( $r = 0,500 \dots 0,595$ ), кластер IM – 10 % ( $r = 0,463$ ), кластер IN – 10 % ( $r = 0,200$ ), кластер IO – 15 % ( $r = 0,577 \dots 0,906$ ), кластер IP – 15 % ( $r = 0,337 \dots 0,547$ ).

При кластерном анализе индексов прироста годичных колец елей пробной площади II выделено 5 кластеров (рисунок, б): кластер IF включает 15 % деревьев ( $r = 0,196 \dots 0,361$ ), кластер IK – 25 % ( $r = 0,575 \dots 0,790$ ), кластер IL – 20 % ( $r = 0,498 \dots 0,590$ ), кластер IM – 20 % ( $r = 0,519 \dots 0,715$ ), кластер IN – 20 % ( $r = 0,246 \dots 0,614$ ).

К наиболее важным характеристикам климата, оказывающим влияние на дендроценозы в условиях Среднего Поволжья, относят температуру месяцев вегетации, сумму температур ( $\Sigma t$ ), сумму осадков, влажность воздуха, солнечную активность (выраженную числами Вольфа). Коэффициент варьирования среднемесячных температур находится в диапазоне от 10 % в июле до 75 % в октябре. Коэффициент варьирования суммы осадков за все месяцы года составляет от 40 % в ноябре до 64 % в мае (наименьший коэффициент варьирования (21 %) отмечен для суммы осадков за осенне-зимний период гидрологического года, предшествующего периоду вегетации, средняя сумма осадков которого по годам изучаемого отрезка времени жизни дерева составляет 236,3 мм (min–139,0 мм, max–356,4 мм)). Коэффициент вариации показателя влажности воздуха очень мал в сравнении с предыдущими климатическими факторами и находится в пределах от 3,7 % в декабре до 20,8 % в феврале. Наибольшая влажность воздуха в августе (73,24 %), наименьшая – в мае (60,87 %).

Но ни один из этих внешних факторов не определяет существование и рост растения. Воздействие комплекса факторов на прирост древесины в годичном кольце елей находили методом множественного регрессионного анализа, т. е. устанавливали зависимость значений индексов прироста  $Y$  (зависимая переменная) от факторов  $X_1, X_2, \dots, X_m$  (факторные переменные – метеорологические показатели текущего и предыдущего годов, солнечная активность, приросты ранней и поздней древесины текущего и предыдущего годов).

Влияние климатических факторов на радиальный прирост ранней и поздней древесины нашло оптимальное выражение в мультипликативном типе модели, где факторные и результативные признаки выражены для сопоставимости в одинаковых единицах, что позволило выявить величину влияния факторной нагрузки на зависимую переменную [10]:

$$Y = aX_1^{a_1} X_2^{a_2} \dots X_i^{a_i}, \quad (3)$$

где  $a_i$  – коэффициент регрессии при  $X_i$  факторе ( $i = 1 \dots m$  – число искомых параметров;  $m$  – число факторных признаков).

Полученные модели индексов прироста значимы на 97 %-м уровне.

Из анализа результатов следует, что для формирования ранней и поздней древесины в условиях ельника-кисличника наиболее важны два параметра месяцев вегетации текущего года: влажность и температура. Кроме того, для формирования ранней древесины – это также осадки текущего и предыдущего годов, для поздней – температура и осадки предыдущего года. По силе факторной нагрузки наибольшее значение для формирования ранней древесины имеют влажность воздуха июля (для деревьев кластеров IF, IM, IO, IP), влажность воздуха мая текущего года (IL) и влажность воздуха июля предыдущего года (IK, IN).

Приросты древесины предыдущего года также значимы для деревьев всех кластеров, но факторная нагрузка их различна и чаще на несколько порядков ниже максимальной. Для поздней древесины параметры влажности воздуха также несут максимальную факторную нагрузку. Для деревьев кластеров IM, IN, IF и IP это соответственно влажность воздуха июля и сентября, июля, сентября, августа текущего года; для представителей кластеров IL и IO – это влажность воздуха августа и июня предыдущего года. Параметры предыдущего прироста значимы для деревьев всех кластеров, кроме IK, IL, IM, у которых большое значение для формирования поздних трахеид играют приросты ранней зоны текущего года, а для IK этот параметр является определяющим.

Факторная нагрузка солнечной активности различна и слабее, чем от влажности, значима в моделях приростов ранней (кластеры IN, IO, IP) и поздней (кластер IN) древесины деревьев.

На радиальные приросты елей, сформированных в условиях пробной площади II оказывают влияние чаще всего погодные факторы текущего года. Влажность воздуха июня, августа и июня предыдущего года – наиболее важные факторы по силе воздействия для приростов ранней древесины деревьев кластеров III, IIM, IIK. Для приростов поздней древесины наиболее значимыми факторами по силе воздействия являются влажность воздуха августа (кластер IIF), июля (IIM), сентября (IIN) и июля предыдущего года (IIL), температура июля (IIK). Приросты предыдущего года также значимы в моделях, но только для приростов ранней древесины деревьев кластера IIF этот параметр наиболее существенен.

Таким образом, деревья, имеющие одинаковые морфологические характеристики, возраст, положение в древостое не одинаковы по изменениям радиального прироста с возрастом. Влияние возраста и внутриценотических отношений на формирование поздних зон годичного кольца меньше, чем на формирование ранних зон. Внутри древостоя имеются деревья или группы деревьев, отличающиеся степенью восприятия климатических, гелиофизических и биологических факторов. Характеристики влажности воздуха чаще всего оказывают наибольшее влияние на радиальный прирост ели в изучаемых условиях произрастания. При этом набор значимых для прироста факторов дифференцирован по кластерам и макроструктурным элементам годичного кольца, а также по величине факторной нагрузки. Каждое дерево отличается индивидуальными значениями изменчивости прироста,

обусловленными влиянием климатических факторов. В условиях ельника-кисличника климатические факторы вызывают большую изменчивость индексов прироста, уменьшающуюся с возрастом, чем в условиях ельника папоротникового.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко В.Н., Зушинская Т.М., Ловелиус Н.В., Сазонов Б.И. О квазиритмичности дендрохронологических индексов // Дендроклиматохронология и радиоуглерод: Материалы 2-го Всесоюзного совещания. – Каунас, 1972. – С. 141–147.
2. Битвинская Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 172 с.
3. Демаков Ю.П. Рост и изреживание древостоев: биологическая сущность, математические модели, управление. – Йошкар Ола: МарГТУ, 1999. – 261 с. – Деп. в ВИНТИ 29.10.99. № 3230 – В99.
4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 389 с.
6. Кивисте А.К. Функции роста леса. – Тарту: Эстонская сельскохозяйственная академия, 1988. – 171 с.
7. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев // Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. – Л.: Наука, 1979. – 230 с.
8. Мазена В.С. Метод расчета индексов годовичного прироста обобщенного дендроклиматологического ряда // Экология. – 1982. – № 3. – С. 21–27.
9. Общая теория статистики / Под ред. П.А. Спирина. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 296 с.
10. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 150 с.
11. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
12. Шиятов С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы // Проблемы ботаники на Урале. – Свердловск: УФАН СССР, 1973. – С. 53–81.

Марийский государственный технический университет  
Поступила 18.06.02

*I.P. Demitrova*

#### **Influence of Climatic and Biological Factors on Radial Increment of Spruce**

The radial increment of spruce annual rings is analyzed; the influence of age on the increment dynamics is determined. The increment indices are calculated; the tree groups are selected having similar response to climatic effect complex; the assessment of wood plants sensibility to affecting factors is given.

УДК 621.931

***И.С. Лобанова, Н.В. Лобанов***

Лобанова Ирина Станиславовна родилась в 1970 г., окончила в 1993 г. Севмашвтуз, старший преподаватель кафедры математики Севмашвтуза, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области математического моделирования физических процессов при резании.



Лобанов Николай Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1988 г. Севмашвтуз, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортного и технологического оборудования Севмашвтуза. Имеет более 10 печатных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.



**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОПИРАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ И РАМНЫХ ПИЛ НА ИХ НАЧАЛЬНУЮ ЖЕСТКОСТЬ**

На основании точных решений уравнений стесненного кручения и изгиба пилы с учетом стесненности кручения оценено влияние условий закрепления на начальную жесткость пилы в зависимости от ее параметров.

Ключевые слова: условия опирания, пила, шарнирное опирание, защемление, дифференциальное уравнение, изгиб, кручение, стесненность кручения, прогиб, жесткость, коробление, перемещение.

Точность пиления древесины ленточнопильными станками и рамными пилами в значительной степени зависит от их начальной жесткости [1]. В работах [2–5] приведены формулы для расчета начальной жесткости пил энергетическим методом. При этом опирание концов пилы принято шарнирным. Однако реальные условия опирания концов пилы могут отличаться от шарнирного, например у рамных (свободная длина которых ограничена межпильными промежутками) или ленточных пил с односторонними отжимными направляющими.

Для того, чтобы качественно оценить влияние условий закрепления концов пилы на ее жесткость и, следовательно, оценить погрешность замены реальных граничных условий на шарнирное крепление, необходимо получить точное решение для полосовой пилы (как для стержня), нагруженной боковой нагрузкой, и сравнить ее жесткость при шарнирном опирании и защемлении концов пилы.

Рассмотрим пилу толщиной  $\delta$ , имеющую ширину полотна  $b$  и свободную длину  $L$  и растянутую центрально приложенной силой  $N$ . К кромке пилы на расстоянии  $a$  от левой опоры приложена сосредоточенная боковая

сила  $P$ , которая вызывает изгиб и закручивание пилы как стержня. Приведем эту силу к оси пилы. Для этого необходимо в сечении, где приложена боковая сила, добавить момент, скручивающий пилу:

$$M_{\epsilon} = P \frac{b}{2}.$$

Расчетная схема пилы приведена на рис. 1.

Рассмотрим отдельно деформации изгиба и кручения пилы.

#### Изгиб пилы

При изгибе пилы силой  $P$  в закрепленных сечениях пилы, т.е. при  $x = 0$  и  $x = L$  могут возникать силы ( $R_0, M_0, R_L, M_L$ ) и изгибающие моменты.

Дифференциальное уравнение плоского изгиба пилы можно записать в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} y''(x) - k^2 y(x) = \frac{M_0 + R_0 x}{EI_z}; \quad x \leq a; \\ y''(x) - k^2 y(x) = \frac{M_0 + R_0 x}{EI_z} - \frac{P(x-a)}{EI_z}; \quad x > a; \end{array} \right. \quad (1)$$

$$k^2 = \frac{N}{EI_z},$$

где  $E$  – модуль Юнга материала пилы;

$I_z = b\delta^3/12$  – момент инерции сечения пилы относительно оси  $Z$ .

Общим решением уравнения (1) является

$$y(x) = \tilde{N}_1 \cdot \text{ch}(kx) + C_2 \cdot \text{sh}(kx) - \frac{R_0}{N} x - \frac{M_0}{N}. \quad (2)$$

Постоянные интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  выразим через начальные условия  $y(0) = y_0$ ;  $y'(0) = y'_0$ .

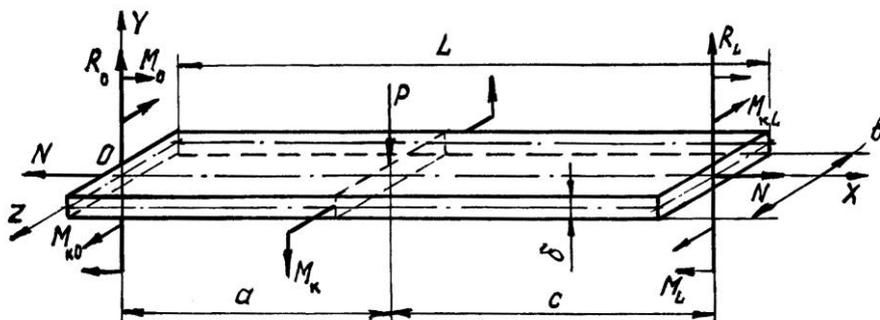


Рис. 1. Расчетная схема пилы

Тогда общее решение уравнения (1) запишем в следующем виде:  
при  $x \leq a$

$$y(x) = y_0 \cdot \operatorname{ch}(kx) + \frac{y'_0}{k} \cdot \operatorname{sh}(kx) + \frac{M_0}{N} (\operatorname{ch}(kx) - 1) + \frac{R_0}{N} \left( \frac{\operatorname{sh}(kx)}{k} - x \right); \quad (3)$$

при  $x > a$

$$y(x) = y_0 \cdot \operatorname{ch}(kx) + \frac{y'_0}{k} \cdot \operatorname{sh}(kx) + \frac{M_0}{N} (\operatorname{ch}(kx) - 1) + \frac{R_0}{N} \left( \frac{\operatorname{sh}(kx)}{k} - x \right) - \frac{P}{N} \left( \frac{\operatorname{sh}(k(x-a))}{k} - (x-a) \right). \quad (4)$$

В случае шарнирного опирания концов пилы в плоскости  $XOY$  начальные условия имеют вид  $y_0 = 0$ ;  $M_0 = 0$ .

Реакции опор можно найти из условий равновесия  $R_0 = \frac{c}{L} P$ ,  $R_L = \frac{a}{L} P$ , начальный параметр  $y'_0$  – из второго граничного условия  $y(L) = 0$ . Подставляя полученные выражения в (3) и (4), после элементарных преобразований получим уравнение прогибов пилы. Прогиб сечения, в котором приложена сила  $P$ , т.е. при  $x = a$

$$f(a) = \frac{Pca}{NL} \left( \frac{\operatorname{sh}(kc) \cdot \operatorname{sh}(ka)}{k \cdot \operatorname{sh}(kL)} \frac{L}{ca} - 1 \right). \quad (5)$$

С практической точки зрения наиболее интересным будет случай приложения силы  $P$  на середине свободной длины пилы, т.е. при  $a = L/2$ .

Тогда

$$f_{\max} = \frac{PL}{4N} \left( \frac{2}{kL} \cdot \operatorname{th} \left( \frac{kL}{2} \right) - 1 \right). \quad (6)$$

В случае защемления концов пилы в плоскости  $ZOX$  граничные условия запишем в виде  $y_0 = 0$ ;  $y'_0 = 0$ ;  $y(L) = 0$ ;  $y'(L) = 0$ . Откуда можно найти  $M_0$  и  $R_0$ .

Рассмотрим важный для практики частный случай, когда  $a = L/2$  и  $R_0 = P/2$ . Сечение, где приложена сила, будет иметь максимальный прогиб. Из условия  $y'(L/2) = 0$  можно определить  $M_0$ . Опуская элементарные выкладки, получим при  $x = a = L/2$  прогиб в сечении, где приложена нагрузка:

$$f_{\max} = -\frac{PL}{4N} \left( \frac{\operatorname{ch} \left( \frac{kL}{2} \right) - 1}{\operatorname{sh} \left( \frac{kL}{2} \right)} \frac{4}{kL} - 1 \right). \quad (7)$$

#### Закручивание пилы

При закручивании пилы моментом  $M_k$  в закрепленных сечениях пилы, т.е. при  $x = 0$  и  $x = L$  возникают крутящие моменты  $M_{e0}$ ,  $M_{eL}$  (рис. 1).

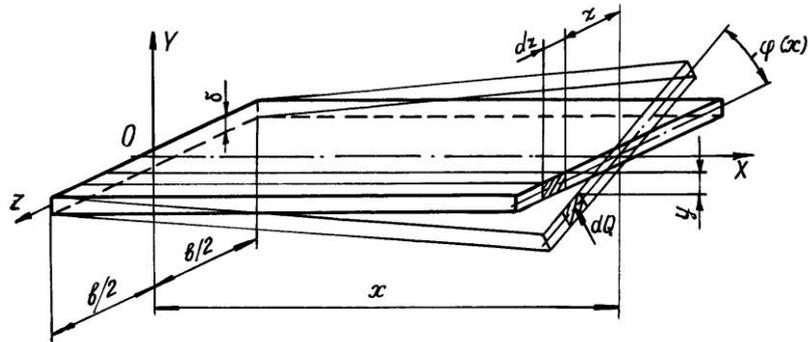


Рис. 2. Расчетная схема для определения жесткости пилы при короблении

Чтобы учесть влияние условий закрепления концов пилы в плоскости наименьшей жесткости  $XOY$ , нужно использовать дифференциальное уравнение стесненного (неравномерного) кручения пилы [6], которое с учетом растяжения запишем в виде

$$\begin{cases} Nr^2 \varphi'(x) - C_1 \varphi'''(x) = M_{\varepsilon 0}; & x \leq a; \\ Nr^2 \varphi'(x) - C_1 \varphi'''(x) = M_{\varepsilon 0} - M_{\varepsilon}; & x > a. \end{cases} \quad (8)$$

Жесткость при короблении  $C_1$  найдем из условия изгиба элементарной продольной полоски пилы шириной  $dz$ , находящейся на расстоянии  $z$  от оси пилы, расчетная схема которой показана на рис. 2.

Прогиб сечения полоски выразим как  $y = z\varphi(x)$ . Тогда элементарный изгибающий момент относительно оси  $Z$ , возникающий в сечении полоски:

$$\delta M_z = Dz \frac{d^2 \varphi}{dx^2},$$

где  $D = E \frac{dz \delta^3}{12}$  – жесткость полоски при изгибе ее в плоскости  $XOY$ .

При этом в сечении полоски возникнут касательные напряжения по оси  $Y$  и их равнодействующая элементарная перерезывающая сила:

$$dQ = \frac{d\delta M_z}{dx} = Dz \frac{d^3 \varphi}{dx^3}.$$

Крутящий момент, создаваемый дополнительными касательными напряжениями, определен из суммы моментов сил  $dQ$  относительно оси  $X$ :

$$M_{\varepsilon}^{\ddot{a}} = M_z = \int_{b/2}^{b/2} dQ \cdot z = \frac{E \delta^3 b^3}{144} \frac{d^3 \varphi}{dx^3}.$$

Множитель перед третьей производной угла закручивания и есть жесткость при короблении:

$$\tilde{N}_1 = \frac{E \delta^3 b^3}{144}.$$

Обозначим  $C = Nr^2$  и  $p^2 = \frac{C}{C_1}$ . После преобразований получим окончательные дифференциальные уравнения стесненного кручения растянутой пилы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi''' - p^2 \varphi'(x) = -\frac{M_{\varepsilon 0}}{C_1}; \quad x \leq a; \\ \varphi''' - p^2 \varphi'(x) = \frac{M_{\varepsilon}}{C_1} - \frac{M_{\varepsilon 0}}{C_1}; \quad x > a. \end{array} \right. \quad (9)$$

Общее решение этих уравнений

$$\varphi(x) = \frac{M_{\varepsilon 0} x}{\tilde{N}} + A + A_1 \cdot \text{sh}(px) + A_2 \cdot \text{ch}(px). \quad (10)$$

Используя начальные параметры, определяющие условия на конце стержня при  $x = 0$ , найдем константы интегрирования  $A, A_1, A_2$ . Подставляя  $A, A_1, A_2$  в (13), получим при  $x \leq a$  уравнения углов закручивания пилы:

$$\varphi(x) = \varphi_0 + \frac{\varphi'_0}{p} \cdot \text{sh}(px) + \frac{\varphi''_0}{p^2} (\text{ch}(px) - 1) + \frac{M_{\varepsilon 0}}{\tilde{N}} \left( x - \frac{\text{sh}(px)}{p} \right). \quad (11)$$

Начальные параметры  $\varphi_0, \varphi'_0, \varphi''_0, M_{к0}$  определим из условий закрепления на концах пилы:  $x = 0; x = L$ .

Рассмотрим случай шарнирного закрепления концов пилы в плоскости  $XOY$  ( $\varphi(0) = 0; \varphi(L) = 0$ ).

При шарнирном закреплении концов пилы коробление можно считать свободным, следовательно  $\varphi''(0) = \varphi''(L) = 0$ . Тогда, подставляя эти граничные условия в (11), после элементарных преобразований получим уравнение углов закручивания пилы. Угол закручивания в сечении  $x = a$ , где приложен момент  $M_{\varepsilon}$  (и сила  $P$ ),

$$\varphi(a) = \frac{M_{\varepsilon}}{C} \left[ \frac{\text{sh}(p(L-a)) \cdot \text{sh}(pa)}{\text{sh}(pL)} - \left( \frac{L-a}{L} \right) a \right].$$

С практической точки зрения наиболее интересным будет случай приложения  $P$  на середине свободной длины пилы, т.е.  $a = L/2$ . Тогда

$$\varphi_{\max} = \frac{M_{\varepsilon} L}{4C} \left[ \text{th} \left( \frac{pL}{2} \right) \cdot \frac{2}{pL} - 1 \right]. \quad (12)$$

Рассмотрим случай защемления концов пилы в плоскости  $XOY$  ( $\varphi(0) = 0; \varphi(L) = 0$ ). Коробление концевых сечений пилы в этом случае можно принять отсутствующим, следовательно,  $\varphi'(0) = \varphi'(L) = 0$ . Из этих условий можно выразить  $\varphi''_0$  и  $M_{к0}$ . Подставив их в (11), получим уравнение углов закручивания защемленной по концам пилы. Однако это уравнение слишком громоздко для дальнейшего анализа.

Рассмотрим частный случай, когда  $a = L/2$ . Для определения  $\varphi''_0$  и  $M_{к0}$  воспользуемся свойством симметрии. Сечение, где приложена сила,

будет иметь максимальный угол закручивания и, следовательно,  $\varphi'(L/2) = 0$ . Опуская элементарные выкладки, определим угол закручивания сечения  $x = a = L/2$ , где приложена сила  $P$ :

$$\varphi_{\max} = \frac{M_{\varepsilon} L}{4\tilde{N}} \left( \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{pL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{pL}{2}\right)} \frac{4}{pL} - 1 \right). \quad (13)$$

*Зависимость начальной жесткости от условий закрепления*

Начальная жесткость (в плоскости наименьшей жесткости)

$$j_n = P/\xi, \quad (14)$$

где  $P$  – приложенная боковая сила;

$\xi$  – перемещение точки приложения силы на кромке пилы по оси  $Y$  (в боковом направлении).

Перемещение  $\xi$  складывается из перемещений, связанных с изгибом и закручиванием пилы:

$$\xi = y + \varphi \frac{b}{2}. \quad (15)$$

Приведенные выше дифференциальные уравнения и граничные условия позволяют определить перемещения точек пилы при действии силы  $P$ , приложенной в любой точке, и даже при распределенной нагрузке (после небольших преобразований). Для удобства анализа рассмотрим частный случай, когда сила приложена на середине свободной длины пилы, т.е.  $a = L/2$ .

Подставляя выражения (6) и (12) в (15), а затем в (14), и учитывая, что  $M_{\varepsilon} = P \frac{b}{2}$  для шарнирно-опертой на концах пилы, имеем выражения для перемещения точки приложения боковой силы и начальной жесткости:

$$\xi_i^{\circ} = \frac{PL}{4N} \left( 1 - \frac{2}{kL} \cdot \operatorname{th}\left(\frac{kL}{2}\right) \right) + \frac{Pb^2L}{16C} \left[ 1 - \operatorname{th}\left(\frac{pL}{2}\right) \cdot \frac{2}{pL} \right]; \quad (16)$$

$$j_i^{\circ} = \frac{1}{\frac{L}{4N} \left( 1 - \frac{2}{kL} \cdot \operatorname{th}\left(\frac{kL}{2}\right) \right) + \frac{b^2L}{16C} \left[ 1 - \operatorname{th}\left(\frac{pL}{2}\right) \cdot \frac{2}{pL} \right]}. \quad (17)$$

Подставляя выражения (7) и (13) в (15), а затем в (14), для защемленной по концам пилы получим выражение перемещения точки приложения боковой силы и начальной жесткости:

$$\xi_i^{\varepsilon} = \frac{PL}{4N} \left( 1 - \frac{4}{Lk} \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right)} \right) + \frac{Pb^2L}{16\tilde{N}} \left( 1 - \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{pL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{pL}{2}\right)} \frac{4}{pL} \right); \quad (18)$$

$$j_i^{\xi} = \frac{1}{\frac{L}{4N} \left( 1 - \frac{4}{Lk} \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right)} \right) + \frac{b^2 L}{16\tilde{N}} \left( 1 - \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{pL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{pL}{2}\right)} \frac{4}{pL} \right)}. \quad (19)$$

В выражениях (16) – (19) множители  $\frac{PL}{4N}$  и  $\frac{Pb^2L}{16C}$  представляют перемещения точки приложения силы, обусловленные соответственно только жесткостью пилы на изгиб за счет натяжения (без учета изгибной жесткости) и жесткостью растянутой пилы на кручение (без учета стеснения при кручении). Вторые слагаемые в скобках выражений (16) – (19) представляют относительное уменьшение перемещений (увеличение жесткости), связанное с изгибной жесткостью, и жесткость стесненного кручения пилы. Следовательно, именно слагаемые будут определять относительное влияние условий закрепления концов пилы на ее начальную жесткость.

Множители вторых слагаемых в скобках выражений (16) – (19):

$$\operatorname{th}\left(\frac{kL}{2}\right) \approx 1 \quad \text{при} \quad \frac{kL}{2} \geq 2; \quad \operatorname{th}\left(\frac{pL}{2}\right) \approx 1 \quad \text{при} \quad \frac{pL}{2} \geq 2;$$

$$\frac{\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right)} \approx 1 \quad \text{при} \quad \frac{kL}{2} \geq 3,5; \quad \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{pL}{2}\right) - 1}{\operatorname{sh}\left(\frac{pL}{2}\right)} \approx 1 \quad \text{при} \quad \frac{pL}{2} \geq 3,5.$$

В реальных условиях для полосовых пил обычно выполняются соотношения  $\frac{kL}{2} \geq 3,5$ ;  $\frac{pL}{2} \geq 3,5$ . Например, для ленточной пилы с параметрами  $N = 2$  кН,  $L = 200$  мм,  $b = 100$  мм,  $\delta = 1,0$  мм имеем:

$$\frac{kL}{2} = 3,500; \quad \frac{pL}{2} = 5,408.$$

Для рамной пилы при  $N = 10$  кН,  $L = 500$  мм,  $b = 160$  мм,  $\delta = 2,5$  мм имеем:

$$\frac{kL}{2} = 3,735; \quad \frac{pL}{2} = 7,623.$$

В приведенных примерах свободная длина и сила натяжения пилы минимальны, с увеличением  $L$  и  $N$  они будут увеличиваться.

С учетом вышеизложенного, выражения (16) – (19) могут быть упрощены:

для шарнирно-опертой по концам пилы

$$\xi_i^{\emptyset} \approx \frac{PL}{4N} \left( 1 - \frac{2}{kL} \right) + \frac{Pb^2L}{16C} \left[ 1 - \frac{2}{pL} \right]; \quad (20)$$

$$j_i^{\theta} \approx \frac{1}{\frac{L}{4N} \left(1 - \frac{2}{kL}\right) + \frac{b^2 L}{16C} \left[1 - \frac{2}{pL}\right]} ; \quad (21)$$

для защемленной по концам пилы

$$\xi_i^3 \approx \frac{PL}{4N} \left(1 - \frac{4}{kL}\right) + \frac{Pb^2 L}{16C} \left[1 - \frac{4}{pL}\right] ; \quad (22)$$

$$j_i^{\xi} \approx \frac{1}{\frac{L}{4N} \left(1 - \frac{4}{kL}\right) + \frac{b^2 L}{16C} \left[1 - \frac{4}{pL}\right]} . \quad (23)$$

Анализ выражений (20) и (22) показывает, что замена защемления концов полосовой пилы на шарнирное опирание приводит к относительному увеличению смещения точки приложения силы, которое приблизительно определяется безразмерными комплексами  $2/kL$  и  $2/pL$ .

Таким образом, имеются достаточно простые критерии оценки погрешности в определении начальной жесткости, связанной с заменой защемления концов полосовой пилы на шарнирное опирание.

Необходимо отметить, что стесненность кручения полотна пилы обычно не учитывается, следовательно, погрешность, связанная с заменой защемления концов полосовой пилы на шарнирное опирание, возрастает и определяется величинами  $2/kL$  и  $4/pL$ .

Кроме того, когда стесненность кручения не учитывается, возникает погрешность в определении перемещений пилы даже при шарнирном закреплении, равная  $\frac{Pb^2 L}{16C} \frac{2}{pL}$ .

Из анализа выражений  $\frac{kL}{2}$  и  $\frac{pL}{2}$  вытекает следующее:

с увеличением ширины  $b$  и толщины  $\delta$  пилы влияние условий закрепления концов пилы возрастает примерно в  $b^{0.5}$  и  $\delta^{1.5}$  раз;

с увеличением свободной длины пилы  $L$  и силы натяжения  $N$  влияние условий закрепления концов пилы убывает примерно в  $L$  и  $N^{0.5}$  раз.

Для количественной оценки влияния условий закрепления концов полосовых пил по формулам (16) – (19) были выполнены сравнительные расчеты начальной жесткости полосовых пил при следующих способах закрепления их концов: шарнирное опирание без учета стеснения при кручении; шарнирное опирание с учетом стеснения при кручении; защемление (с учетом стеснения при кручении).

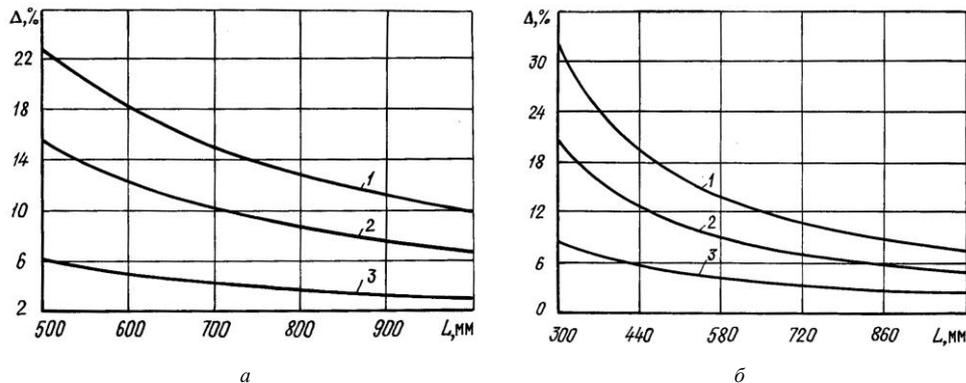


Рис. 3. Зависимость относительного изменения (погрешность)  $\Delta$  начальной жесткости рамной пилы ( $E = 215\,000$  МПа;  $G = 81\,000$  МПа) от свободной длины  $L$ :  $a - N = 30$  кН,  $b = 140$  мм,  $\delta = 2,5$  мм,  $b - 3$  кН, 120 мм, 1,0 мм; 1 – шарнирное опирание без учета стеснения кручения; 2 – с учетом стеснения

Графики, приведенные на рис. 3, иллюстрируют связь между начальной жесткостью рамной пилы  $J_n$  и свободной длиной  $L$  при замене защемления концов пилы на шарнирное опирание. (Кривая 3 иллюстрирует зависимость погрешности от неучета стеснения, когда моделируются реальные условия закрепления концов пилы.) Из приведенных графиков следует, что различие в значениях начальной жесткости защемленной и шарнирно опертой пилы при прочих равных условиях может быть существенным, и достигать 20 (рис. 3, *a*) и 30 % (рис. 3, *б*).

#### Выводы

1. При относительно малых свободных длинах и силах натяжения или при относительно большой толщине и ширине полосовых пил различие в значениях начальной жесткости при защемлении концов пилы и их шарнирном опирании может оказаться существенным (до 20 % и более).

2. Получены расчетные критерии, позволяющие оценить влияние условий закрепления на начальную жесткость пилы в зависимости от ее параметров, следовательно решить вопрос о необходимости учета реальных условий закрепления при определении рациональных технологических параметров пиления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюквин А.В. Динамическая модель колебаний дереворежущих ленточных пил // Автореф. ... канд. техн. наук, 1994. – 22 с.
2. Веселков В.И. Теория и конструкции ленточнопильных станков // Учебное пособие. – Архангельск.: АЛТИ, 1992. – 84 с.
3. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И., Дундин Н.И. Исследование начальной жесткости полосовых пил. Точность пиления древесины рамными и ленточными пилами // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 88–95. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Прокофьев Г.Ф. Точность пиления древесины рамными и ленточными пилами // Лесн. журн. – 1996. – № 6. – С. 74–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).

5. Прокофьев Г.Ф., Иванкин И.И. Теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. / АГТУ. – 1997. – Вып. 3. – С. 20–24.

6. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. Т. 2. – М.: Наука, 1965. – 480 с.

Севмашвтуз

Поступила 26.03.02

*I.S. Lobanova, N.V. Lobanov*

### **Effect of Band and Frame Saw Support Conditions on their Initial Rigidity**

The effect of fixing conditions on initial saw rigidity depending on saw's parameters has been estimated based on accurate solutions of constrained saw torsion and bending equations.

---

УДК 674.011.2.001.2

***В.И. Малыгин, П.В. Перфильев, М.П. Худяков***

Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе Севмашвуза – филиала СПбГМТУ. Имеет более 100 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.



Перфильев Павел Валентинович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Севмашвуз – филиал СПбГМТУ, главный конструктор РОССМТК. Имеет более 10 научных работ в области систем автоматизированного проектирования.



Худяков Михаил Павлович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Севмашвуз – филиал СПбГМТУ, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и технических систем машиностроения Севмашвуза. Имеет около 20 научных работ в области технологии автоматизированного производства.



**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
(на примере изделий мебельного производства)**

Отражен опыт применения в мебельном производстве технологии автоматизированного проектирования, основанной на параметризованных моделях изделий.

Автоматизированное проектирование, параметрическая модель.

Технология параметрического автоматизированного проектирования использует методы параметризации для быстрого проектирования изделий и технологических процессов их производства. Она сочетает эффективность промышленных методов проектирования и производства изделий индивидуального выпуска.

Изделие в рассматриваемой технологии понимается как совокупность *A* элементов конструкции, выполняющих определенные функции

(позиционирование, кинематика, передача нагрузок и т.д.). Целостная структура изделия, позволяющая выделять его из множества других изделий, обеспечивается связями  $S$  (размерные, функциональные и т.д.) и отношениями  $E$  (смежность, порядок, наследование и т.д.) между элементами. Элементы и изделие в целом характеризуются определенным набором характеристических свойств  $M$  (механические, эргономические и т.д.). Процесс проектирования изделия в общем виде есть некоторый набор операций (алгоритмические, комбинаторные и т.д.) над элементами, их связями и отношениями. Применяя терминологию теории множеств, можно представить всевозможные варианты проектируемых изделий определенного класса в виде системы  $\{A, S, E, M, P\}$ , которая при подстановке образует кортежи, отражающие конкретные изделия, входящие в класс. Такое описание изделия используют в различных системах автоматизированного проектирования, однако существуют методики его инфологического представления в структурах данных и знаний. Например, в работе [2] для единообразного представления связей, отношений, свойств и операций применяется аппарат теории полихроматических множеств и булевой алгебры. Авторы работы [1] для этих целей используют элементы классической теории множеств, реляционной алгебры и объектной методологии. Известны также и другие примеры: теория графов и табличных моделей, лингвистические модели и др.

В рассматриваемой технологии элементы  $A$  изделия представляются объектами, а остальные аспекты описания (связи, отношения, свойства и операции) – через параметры объектов. Состав элементов определяется функциями элементов и изделия в целом. Общее пространство параметров способствует единству и целостности модели. При этом связи и отношения между элементами характеризуют топологию модели. Операции обеспечивают синтез проектных решений. В совокупности они определяют свойства изделия. Важно, что операции применимы не только к элементам, но и к отношениям между ними. Благодаря этому реализуется параметрический синтез и алгоритмы базы знаний продукционного типа. Таким образом, единое пространство параметров образует операционную среду автоматизированного проектирования изделий.

Проиллюстрируем формализацию некоторых проектных процедур в технологии параметрического проектирования.

Пусть техническое задание на проектирование содержит некоторый набор функций  $F$ , реализуемый разрабатываемым изделием (комплект кухонной мебели), который должен обеспечивать следующее:

хранение определенного состава и объема продуктов питания в течение установленного периода времени;

хранение определенного количества и номенклатуры кухонной утвари во внутренних объемах и на внешней поверхности;

размещение определенного встроенного оборудования со своими эксплуатационно-функциональными характеристиками;

привязку к конкретному помещению и удобство доступа;

рабочее пространство определенного размера и конфигурации для приготовления пищи;

художественно-стилистическое единство и эстетическое восприятие.

Зададим кортеж  $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\}$ , формирующий структуру  $A_i(F_j)$  функциональных элементов мебели и исходные параметры комплекта. Возможные конфигурации комплекта задаются матрицей соответствия между элементами  $A_i(F_j)$ , т. е. ее ненулевыми членами. Элементы кортежа задают размеры и размещение внутренних хранилищ; их общее исполнение и материал; 3D размеры и конфигурацию каркаса и внешних панелей комплекта, включая столешницу; типоразмеры составляющих комплект модулей; состав подвижных частей; фактуру и цветовую гамму наружных панелей и внутренней отделки. Формально задается соответствие  $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\} \rightarrow A_i(F_j)$  между исходными параметрами и конструктивными элементами изделия. Так как аналогично задается соответствие  $A_i(F_j) \rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  между конструктивными элементами изделия и их параметрами, то в силу транзитивности соответствия имеем  $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\} \rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Точный набор конструктивных параметров, подлежащих определению на данном этапе, – это ненулевые элементы над главной диагональю матрицы соответствия. Левоугольные ненулевые элементы той же матрицы задают состав переменных, которые должны входить в алгоритм определения конкретного конструктивного параметра изделия.

Осуществляемый таким образом функциональный анализ гарантирует соответствие изделия требованиям заказчика. Для работы с иностранными заказчиками, например при комплектной поставке жилых модулей, эта процедура включается в перечень для сертификации продукции по показателю назначения в соответствии с рекомендациями ISO 9000.

Проводимый далее конструктивный анализ имеет целью максимальную унификацию составляющих изделие элементов и обеспечивает оптимальный уровень декомпозиции изделия. Он позволяет определить номен-

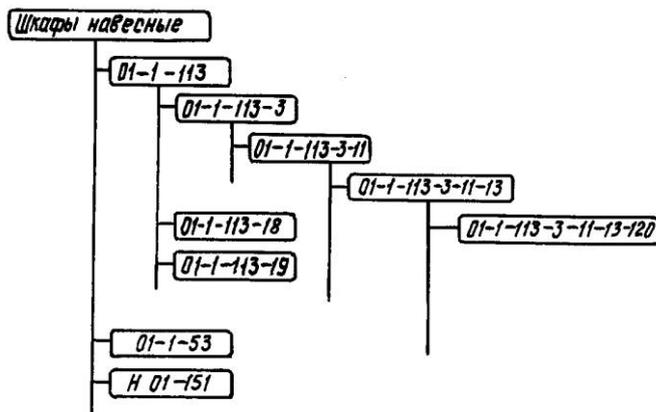


Рис. 1. Дерево иерархии параметрических моделей кухонной мебели

клатуру типовых элементов конструкции и разработать на них параметрические фрагменты, объединенные в библиотеки. При большом количестве элементов и развитой классификационной структуре целесообразно в параметры модели вводить соответствующие конструкторские коды, включающие наследуемые признаки вида, группы, исполнения и т. д. (рис. 1).

Технологический анализ призван обеспечить максимальную технологичность как отдельных конструктивных элементов, так и изделия в целом. Если функциональный и конструктивный анализ отражают нисходящее проектирование, то технологический анализ отражает восходящее проектирование технологических процессов изготовления изделия.

Для автоматизации процесса проектирования кухонной мебели был разработан на основе САД системы T\_FLEX CAD 3D пакет параметрических моделей «Мебель-3D». Библиотека параметрических фрагментов включает 7 библиотек, каждая из которых объединяет в себе 3D модели однотипных деталей и сборочных единиц, используемых при проектировании мебели. Состав пакета представлен в таблице.

В основу построения фрагментов библиотеки положены следующие основные принципы:

– построение сборочных фрагментов на основе базовых моделей;

– взаимозаменяемость однотипных фрагментов;

– единый подход в идентификации элементов модели, предполагающий одинаковые имена переменных и систем координат привязки в моделях однотипных элементов.

| Библиотека     | Число фрагментов |
|----------------|------------------|
| Шкафы навесные | 81               |
| Шкафы нижние   | 25               |
| Фасады         | 57               |
| Полки          | 7                |
| Стенки         | 21               |
| Типовые детали | 11               |
| Столешницы     | 2                |

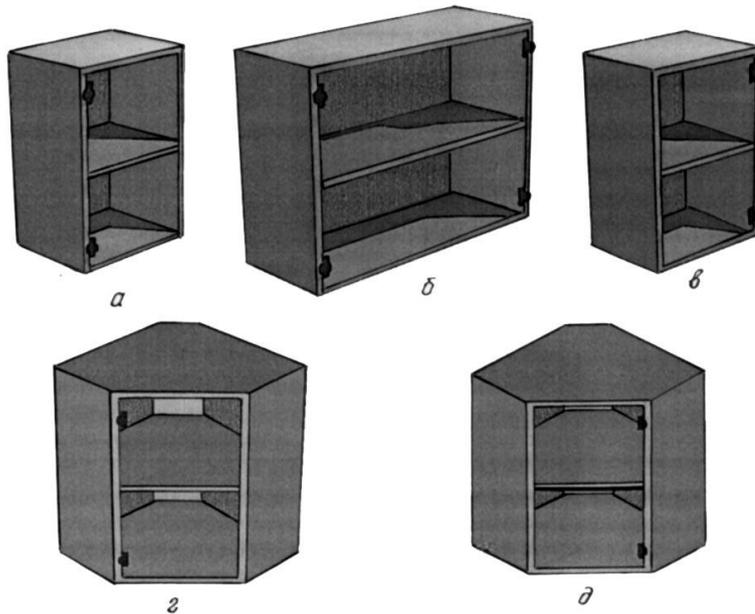


Рис. 2. Базовые модели навесных шкафов: *а, в* – однодверные; *б* – двухдверный; *г, д* – угловые; *а, г* – левые; *в, д* – правые

Эти принципы обеспечивают, с одной стороны, строгую упорядоченность моделей при минимуме базовых элементов, с другой – быструю и корректную модификацию модели в широком диапазоне типоразмеров и конструктивных исполнений.

Каждая из библиотек «Шкафы навесные» и «Шкафы нижние» построена на основе использования 5 базовых типов шкафов. На рис. 2 показаны базовые модели навесных шкафов. Различные исполнения шкафов получены в результате установки в модель соответствующих дверок (фасадов). Некоторые из вариантов шкафов представлены на рис. 3. Всего в библиотеке имеется 15 основных вариантов фасадом.

Модель базового шкафа строится, в свою очередь, из типовых деталей (рис. 4) – стенок, полок, горизонтальных щитов и др. Для различных исполнений шкафов могут

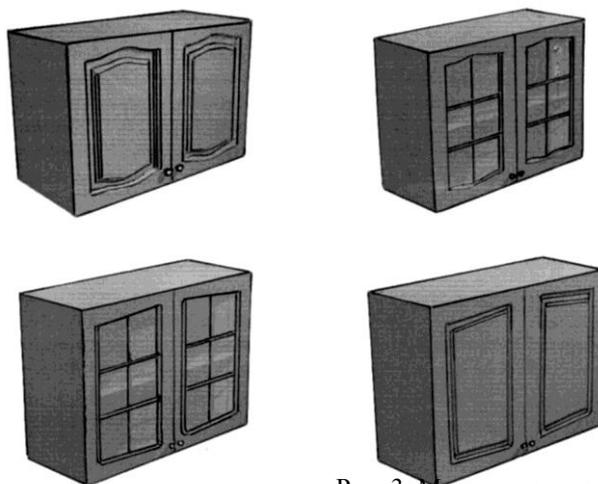
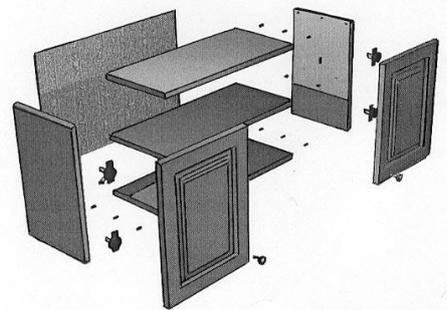


Рис. 3. Модели двухдверных навесных шкафов

Рис. 4. Схема сборки двухдверного навесного шкафа



быть использованы разные фрагменты, но каждый из однотипных фрагментов имеет идентичную систему координат привязки модели в сборке. Аналогично построены модели дверок, которые формируются из ограниченного набора типовых деталей: брусьев вертикальных и горизонтальных, филенок и т. д.

Геометрические размеры шкафов задают через набор внешних переменных, что позволяет легко изменять габариты изделия при сборке. На рис. 5 приведен чертеж шкафа с обозначением внешних переменных. Аналогичный подход применен и для других фрагментов.

Для вставки фрагментов в сборку может быть использована одна из четырех систем координат (LCS-LT, LCS-LB, LCS-RT, LCS-RB). Для обеспечения возможности замены одного типа шкафа на другой имена систем координат для привязки всех фрагментов одинаковые (рис. 6). Каждая из систем координат имеет атрибуты «Использовать для привязки фрагмента» и «Внешняя». Направления координатных осей приняты совпадающими с базовой системой координат 3D модели.

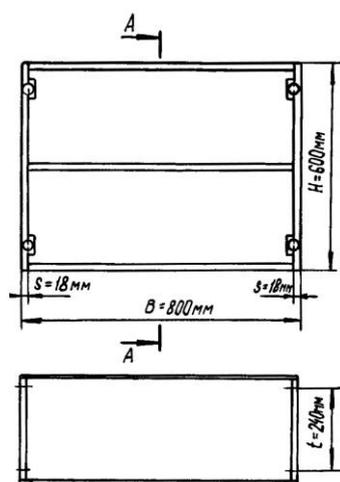


Рис. 5. Внешние переменные базовой модели шкафа

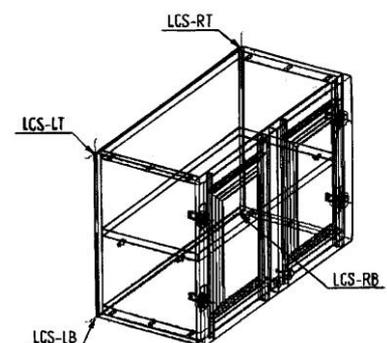


Рис. 6. Система координат модели шкафа

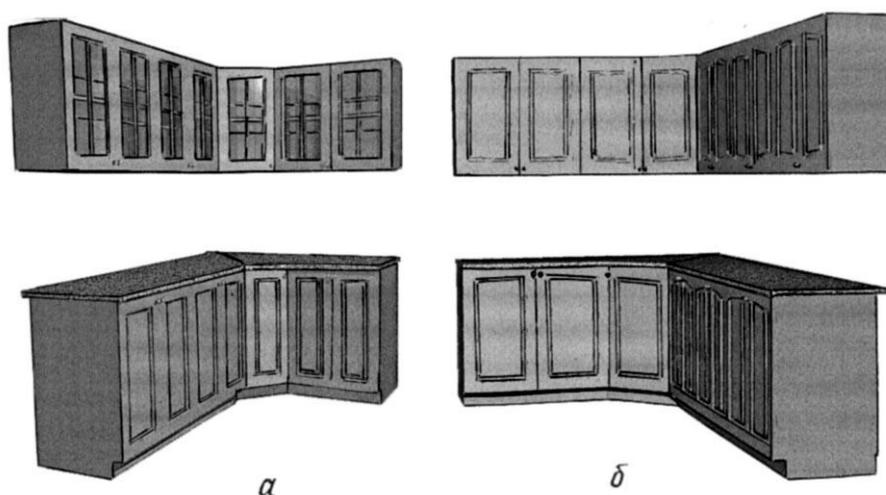


Рис. 7. Модели наборов кухонной мебели

Использование согласованных имен координат в фрагментах позволяет осуществлять быстрое изменение (модификацию) изделий путем простого переименования фрагментов сборки. Системы координат с predetermined именами используют во всех параметрических фрагментах деталей сборок.

Аналогично строятся параметрические модели нижних шкафов. При их построении частично используются те же элементы (фрагменты), что и для навесных шкафов – дверки, боковые и задние стенки, полки и др.

На основе использования библиотек параметрических фрагментов можно проектировать наборы кухонной мебели и быстро получать необходимую конструкторскую документацию. На рис. 7 приведены примеры выполненных проектов.

#### *Выводы*

Таким образом, разработанный на основе технологии параметрического автоматизированного проектирования пакет моделей «Мебель-3D» позволяет осуществлять индивидуальное проектирование мебели в сжатые сроки; быстро изменять структуру разработанных наборов мебели путем замены отдельных составных изделий и деталей в них; представлять заказчику визуализированные результаты проектирования уже на этапе заключения договора на изготовление продукции; формировать каталоги выпускаемой продукции, в том числе и электронные; осуществлять работу с заказчиком на основе использования современных информационных технологий (электронная почта, Internet).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евгеньев Г.Б.* Системология инженерных знаний: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 376 с.
2. *Павлов В.В.* Полихроматические множества в теории систем // Информационные технологии. – 1997. – № 7. – С. 11–16.

Севмашвтуз

Поступила 04.04.02

*V.I. Malygin, P.V. Perfiljev, M.P. Khudyakov*  
**Parametric Computer-aided Design (Based on Example  
of Furniture Production)**

Experience of applying technology of computer-aided design in furniture production based on parametric models of items is provided.



**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 631.572.004.8

***Ф.Х. Хакимова, С.Г. Ермаков***

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.



Ермаков Станислав Глебович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Пермский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет около 30 печатных работ в области комплексного использования древесного сырья.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ  
УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ  
(ЧАСТЬ 2)**

Разработана технология комплексной утилизации отходов сухой окорки древесины ели с получением из лубяной части дубильного экстракта, лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП) и кормовых дрожжей, а также технологического пара при сжигании корково-древесной части. Предложена технологическая схема комплексного использования отходов окорки древесины.

Ключевые слова: лубяной волокнистый полуфабрикат, бумагообразующие свойства, субмикроструктура, оберточная бумага, композиции, сточные воды, технологическая схема.

В предыдущей статье [1] изложены результаты исследований состава отходов сухой окорки, возможности механического разделения отходов окорки на лубяную и корково-древесную фракции, получения из лубяной фракции дубильного экстракта, ЛВП. Исследованы процессы, протекающие при гидротермической обработке лубяной части отходов окорки древесины. Данная статья посвящена продолжению исследований в области разработки технологии комплексной утилизации отходов окорки древесины.

Таблица 1

**Физико-механические показатели сравниваемых полуфабрикатов**

| Показатели                                         | Значения показателей полуфабрикатов |      |                 |          |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------------|----------|
|                                                    | ДДМ                                 | ТММ  | ЛВП из луба     |          |
|                                                    |                                     |      | воздушно-сухого | влажного |
| Степень помола, °ШР                                | 65                                  | 63   | 56              | 58       |
| Обезвоживаемость, с                                | 128                                 | 140  | 70              | 97       |
| Средневзвешенная длина<br>волокна, мм              | 0,85                                | 1,67 | 2,45            | 1,73     |
| Разрывная длина, м                                 | 2310                                | 3900 | 4750            | 3550     |
| Нулевая разрывная длина, м                         | 2330                                | 4680 | 4010            | 3050     |
| Сопротивление:                                     |                                     |      |                 |          |
| изгибу на 90°                                      | 34                                  | 820  | 200             | 105      |
| продавливанию, кПа                                 | 70                                  | 125  | 150             | 100      |
| раздиранию, мН                                     | 160                                 | 293  | 110             | 85       |
| Водоудержание, %                                   | 153                                 | 256  | 226             | 230      |
| Силы связи между волокна-<br>ми, Н/мм <sup>2</sup> | 0,30                                | 0,43 | 0,78            | 0,45     |

Физико-механические свойства ЛВП сравнивали с соответствующими показателями дефибрерной древесной массы (ДДМ) и термомеханической массы (ТММ), образцы которых отобраны в производственных потоках Камского ЦБК (табл. 1).

ЛВП отличается от ДДМ и ТММ высокой средней длиной волокна, лучшей обезвоживаемостью, более высокими показателями механической прочности и величинами межволоконных сил связи. Обращает на себя внимание весьма необычное свойство образцов ЛВП – более низкие значения нулевой разрывной длины (показателя, характеризующего прочность самих волокон) по сравнению с самой разрывной длиной. Очевидно, последняя у ЛВП в большей мере определяется межволоконными силами связи, а не прочностью волокон.

Исследования изменения в процессе размола бумагообразующих свойств ЛВП из воздушно-сухого и влажного луба проведены в сравнении с бисульфитной целлюлозой как традиционным полуфабрикатом (рис. 1).

На основании полученных результатов установлено следующее:

характер изменения бумагообразующих свойств ЛВП из воздушно-сухого и влажного луба в процессе размола аналогичен характеру изменения соответствующих свойств бисульфитной целлюлозы, исключение составляет сопротивление изгибу на 90° для ЛВП из воздушно-сухого луба;

абсолютные величины бумагообразующих свойств ЛВП значительно ниже, чем у бисульфитной целлюлозы;

в процессе размола изменение показателей механической прочности ЛВП происходит не так интенсивно, как у целлюлозы; его прочностные показатели при степени помола 40 ... 45 и 60 °ШР различаются незначительно, хотя первый образец обезвоживается значительно легче

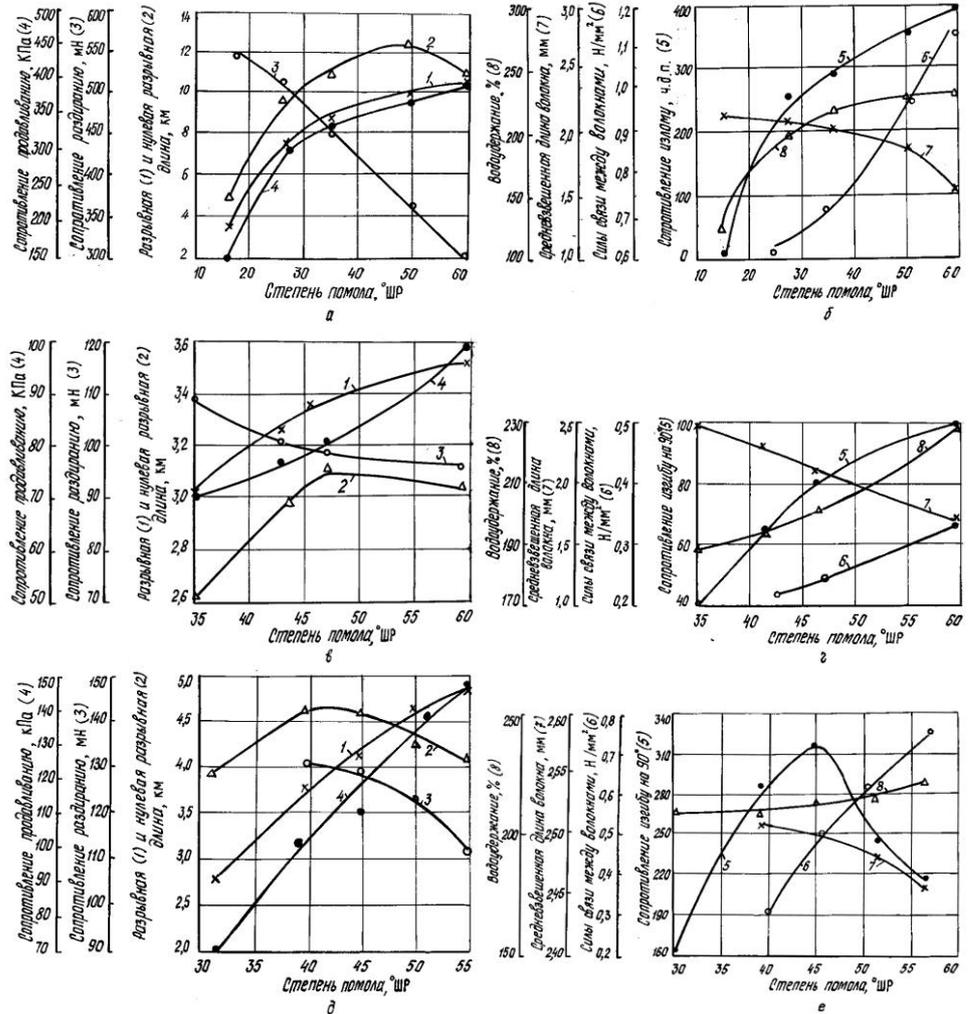


Рис. 1. Изменения бумагообразующих свойств в процессе размола бисульфитной целлюлозы (а, б), ЛВП из влажного (в, г) и воздушно-сухого (д, е) луба

второго, что свидетельствует о целесообразности использования ЛВП в композиции бумаги уже при степени помола 40 ... 45 °ШР.

На свойства полуфабрикатов и бумаги, наряду с химическим составом и строением волокон целлюлозы, оказывают влияние параметры их капиллярно-пористой системы. При проведении химической обработки субмикроскопические капилляры служат путями подвода реагента и вывода продуктов реакции, и от их количества зависят количество и локализация в стенках волокон основного пластификатора волокна – воды и других низкомолекулярных веществ.

Данные рис. 2, показывают, что объем субмикроскопических капилляров (ОСК) луба в три раза выше, чем у древесины. Связано это с тем, что подавляющую часть луба составляют ситовидные клетки.

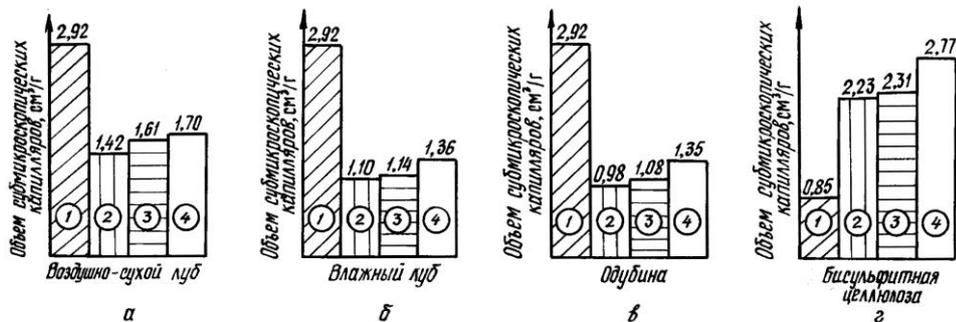


Рис. 2. Сравнение ОСК исходного луба и полученных образцов ЛВП: 1 – луб ели; 2 – исходный полуфабрикат; 3, 4 – ЛВП (степень помола 44(3, а), 43(3, б), 40(3, в), 30(3, г) и 60° ШР(4, а – г)

В процессе получения целлюлозы ОСК возрастает. Такое изменение ОСК, во-первых, связано с образованием микрополостей при удалении компонентов древесной ткани (лигнина, гемицеллюлоз и др.), во-вторых – с набуханием клеточных оболочек в варочном растворе. При получении ЛВП показатель ОСК, наоборот, уменьшается. Вероятно, это связано с тем, что в процессе гидротермической обработки луба лигнин не растворяется, а остается в ЛВП. В гидролизат переходят водорастворимые компоненты и легкогидролизуемые полисахариды. При этом микрополости превращаются в полости, и величина ОСК снижается.

В процессе размола ОСК всех образцов ЛВП и целлюлозы возрастает, что, вероятно, связано с набуханием волокон при размоле.

Сравнение величины ОСК исследуемых полуфабрикатов с механической прочностью отливок бумаги показывает, что полуфабрикат с более высокими значениями ОСК обладает лучшими прочностными свойствами.

Для изучения свойств бумаги, полученной при введении в композицию ЛВП, был использован образец ЛВП из влажного луба при разной степени помола от варки по разработанному оптимальному режиму. Образец применяли для приготовления отливок бумаги в композиции с различными полуфабрикатами производственных потоков Камского и Пермского ЦБК. Выбор полуфабрикатов основан на том, что их будут использовать в композиции оберточной бумаги. Характеристики полуфабрикатов приведены в табл. 2. Характеристики отливок бумаги, полученной с использованием этих полуфабрикатов, представлены в табл. 3.

Анализ образцов бумаги показал следующее: из ЛВП в композициях с макулатурной массой, сучковой целлюлозой, размолотыми (в соотношении 50:50) и неразмолотыми (70:30) отходами сортирования ДДМ получают бумагу, по прочности удовлетворяющую нормам для оберточной бумаги марки «В»; для получения бумажной массы, обладающей хорошей способностью к обезвоживанию, степень помола ЛВП должна составлять 40 ... 45 °ШР.

Таблица 2

**Характеристика полуфабрикатов,  
использованных для получения отливок бумаги**

| Показатели                            | ДДМ  | Макулатур-<br>ная<br>масса | Образцы<br>ЛВП |      | Сучковая<br>целлюлоза | Отходы сортирова-<br>ния ДДМ |      |
|---------------------------------------|------|----------------------------|----------------|------|-----------------------|------------------------------|------|
|                                       |      |                            | 1              | 2    |                       | 1                            | 2    |
| Степень помола, °ШР                   | 65   | 21                         | 42             | 58   | 14                    | 30                           | 61   |
| Обезвоживаемость, с                   | 128  | 20                         | 56             | 97   | 15                    | 25                           | 160  |
| Разрывная длина, м                    | 2510 | 3870                       | 3260           | 3550 | 3420                  | 1200                         | 2620 |
| Сопrotивление:                        |      |                            |                |      |                       |                              |      |
| излому, ч.д.п.                        | –    | 18                         | –              | –    | 16                    | –                            | –    |
| изгибу на 90 °                        | 34   | –                          | 62             | 105  | –                     | 9                            | 28   |
| продавливанию, кПа                    | 70   | 145                        | 75             | 100  | 100                   | –                            | 61   |
| раздиранию, мН                        | 160  | 480                        | 100            | 95   | 670                   | 190                          | 160  |
| Средневзвешенная<br>длина волокна, мм | 0,85 | 1,50                       | 2,46           | 1,73 | 2,10                  | 1,07                         | 0,8  |

Таблица 3

**Показатели физико-механических свойств отливок бумаги  
различных композиций**

| Состав композиции |           |                            |                       |                              |           | Характеристика бумаги     |                             |                          |                        |                                          |
|-------------------|-----------|----------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| ЛВП               |           | Макула-<br>турная<br>масса | Сучковая<br>целлюлоза | Отходы сортиро-<br>вания ДДМ |           | Степень<br>помола,<br>°ШР | Обезво-<br>живаемость,<br>с | Разрывная<br>длина,<br>м | Сопrotивление          |                                          |
| 42<br>°ШР         | 58<br>°ШР |                            |                       | 30<br>°ШР                    | 61<br>°ШР |                           |                             |                          | раздира-<br>нию,<br>мН | изгибу<br>на 90 °<br>(излому,<br>ч.д.п.) |
| –                 | 50        | 50                         | –                     | –                            | –         | 40                        | 59                          | 3650                     | 350                    | (6)                                      |
| 50                | –         | 50                         | –                     | –                            | –         | 31                        | 42                          | 3340                     | 380                    | (5)                                      |
| –                 | 50        | –                          | 50                    | –                            | –         | 32                        | 38                          | 3500                     | 530                    | (8)                                      |
| 50                | –         | –                          | 50                    | –                            | –         | 32                        | 41                          | 3400                     | 370                    | (3)                                      |
| –                 | 50        | –                          | –                     | 50                           | –         | 51                        | 82                          | 2610                     | 160                    | 61                                       |
| 50                | –         | –                          | –                     | 50                           | –         | 44                        | 68                          | 2560                     | 160                    | 43                                       |
| 70                | –         | –                          | –                     | 30                           | –         | 45                        | 65                          | 3050                     | 150                    | 44                                       |
| 50                | –         | –                          | –                     | –                            | 50        | 54                        | 100                         | 3100                     | 140                    | 41                                       |
| –                 | 50        | –                          | –                     | –                            | 50        | 60                        | 135                         | 3270                     | 130                    | 62                                       |

В процессе получения ЛВП в гидролизат переходит почти половина массы луба – дубильные, красящие, пектиновые вещества, легкогидролизуемые полисахариды и др. Нами в лабораторных условиях смоделирована и исследована промывка ЛВП по схеме отжим – разбавление – отжим. Степень отбора гидролизата при промывке по такой схеме составила около 80 %.

Таким образом, при промывке по указанной схеме получают гидролизат, который предполагается направлять на биохимическую переработку в кормовые дрожжи [2], и сточные воды, с которыми уходит около 20 % растворенных в процессе гидролиза веществ.

Таблица 4

**Характеристика сточных вод от промывки ЛВП  
и бисульфитной целлюлозы**

| Показатели                              | Значения показателей сточных вод |            |                                 |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------------|
|                                         | от промывки ЛВП                  |            | варочно-промывного<br>цеха КЦБК |
|                                         | из луба                          | из одубины |                                 |
| рН                                      | 4,8                              | 4,9        | —                               |
| Цветность, °ХКШ                         | 5450                             | 480        | —                               |
| Мутность, кг/т                          | 0,8                              | 1,4        | —                               |
| Окисляемость, кг O <sub>2</sub> /т      | 17,6                             | 15,0       | —                               |
| ХПК, кг O <sub>2</sub> /т               | 51,3                             | 53,1       | 499,0                           |
| БПК <sub>5</sub> , кг O <sub>2</sub> /т | 20,7                             | 18,2       | 102,5                           |
| Взвешенные вещества, кг/т               | 0,008                            | 0,008      | 0,010                           |
| Сухие вещества, кг/т                    | 41,8                             | 41,8       | —                               |

Поэтому представляет интерес характеристика сточных вод от промывки ЛВП (в табл. 4). Для сравнения в таблице приведена характеристика сточных вод варочно-промывного цеха Камского ЦБК.

Из данных табл. 4 следует, что основные показатели, характеризующие сточные воды промывки ЛВП, весьма низкие по сравнению с показателями сточных вод варочно-промывного цеха КЦБК: ХПК меньше

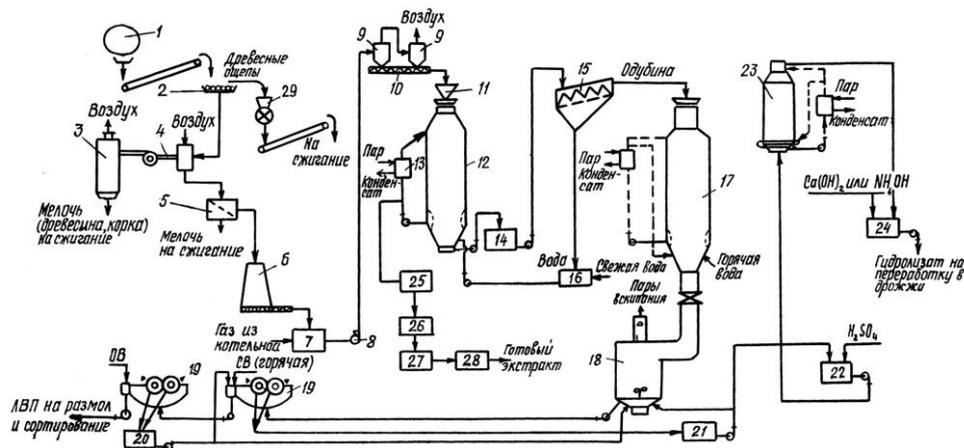


Рис. 3. Технологическая схема комплексного использования отходов окорки древесины: 1 – окорочный барабан; 2 – сортировка; 3 – циклон; 4 – разделитель отходов окорки; 5 – вибросортировка; 6 – бункер с подвижным дном; 7 – сушильная установка; 8 – вентилятор; 9 – циклоны; 10 – транспортер; 11 – бункер сухой коры; 12 – экстрактор; 13 – теплообменник; 14 – сборник одубины; 15 – дренирующий конвейер; 16 – сборник оборотной воды; 17 – варочный котел; 18 – выдувной резервуар; 19 – двухбарабанный пресс-сгуститель; 20, 21 – сборники слабого и крепкого гидролизатов; 22 – бак-смеситель; 23 – гидролизер дополнительной инверсии; 24, 25 – сборники гидролизата и слабого экстракта; 26 – двухкорпусная выпарная установка; 27 – сушильная установка для сушки экстракта; 28 – установка для упаковки; 29 – корорубка

в 7,5 – 8 раз, а БПК – в 4–5 раз. Таким образом, затраты на биологическую очистку сточных вод производства ЛВП будут значительно ниже затрат варочно-промывного отдела.

Рекомендуемая технологическая схема комплексной переработки отходов окорки, приведенная на рис. 3, состоит из следующих основных узлов:

разделение и сортирование отходов окорки с выделением лубяной и корково-древесной фракций;

экстракция лубяной части с получением дубильного экстракта и одубины;

варка ЛВП;

промывка ЛВП;

подготовка гидролизата на переработку в дрожжи.

Выполненный укрупненный экономический расчет предлагаемого варианта комплексной утилизации отходов окорки древесины показал, что ожидаемый экономический эффект от организации производства и реализации продуктов для предприятия, на котором образуется свыше 90 тыс. т отходов окорки в год, составит 28,1 млн руб.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработана технология комплексной переработки отходов сухой окорки древесины ели с получением из лубяной части дубильного экстракта, лубяного волокнистого полуфабриката и кормовых дрожжей, а также технологического пара при сжигании корково-древесной части.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ермаков С.Г., Хакимова Ф.Х.* Разработка технологии комплексной утилизации отходов окорки древесины (часть 1) // Лесн. журн. – 2002. – № 5. – С. 108 – 115. – (Изв. высш. учебн. заведений).

2. *Хакимова Ф.Х., Ермаков С.Г.* Исследование процессов, протекающих при гидротермической обработке луба // Вестник ПГТУ «Аэрокосмическая техника». – Пермь, 2001. – № 9. – С. 126–134.

Пермский государственный  
технический университет

Поступила 01.04.02

*F. Kh. Khakimova, S. G. Ermakov*

#### **Technology Development of Complex Utilization of Debarking Wastes (part 2)**

Technology of complex utilization of spruce dry debarking wastes has been developed resulting in producing bark extract, fiber bast semi-finished product and nutrient yeast from the inner bark and burning the outer bark for process steam. Technological scheme of complex use of debarking wastes is proposed.

УДК 661.728.2

*Ф.Х. Хакимова, О.А. Носкова*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОВЫШЕННОГО ВЫХОДА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Исследована возможность получения порошковой целлюлозы из древесной бисульфитной целлюлозы с низкой белизной методом гидролитической деструкции. Для повышения белизны порошковой целлюлозы предложено подвергать отбелке волокнистую целлюлозу до гидролиза либо порошковую целлюлозу после гидролиза, для увеличения выхода – диспергировать отходы сортирования и возвращать их в основной поток.

Ключевые слова: бисульфитная целлюлоза, гидролиз, порошковая целлюлоза, отбелка, сортирование, отходы сортирования, выход, степень полимеризации, белизна.

Целлюлоза в форме порошка в последнее время широко используется в различных отраслях промышленности. В зависимости от требуемых свойств и области применения (пищевая, фармацевтическая, медицинская промышленность, техника, аналитическая химия и др.) порошковая целлюлоза может быть получена различными способами: деструкцией волокнистой целлюлозы кислотами, щелочами, кислыми солями; сухим размолом в мельницах; сочетаниями этих способов.

Наиболее распространенным является кислотный гетерогенный гидролиз. Порошковая целлюлоза, полученная в результате гидролитической деструкции природной целлюлозы, значительно отличается от волокнистой более высокими значениями показателей гигроскопичности и растворимости в щелочи, внутренней удельной поверхности и сорбционной способности.

Ранее на кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета была разработана технологическая схема получения порошковой целлюлозы, предназначенной для использования в пищевой и фармацевтической промышленности [1]. В качестве исходного волокнистого сырья были использованы хлопковая и древесная сульфитная вискозная целлюлоза, деструктирующих агентов – водные растворы соляной и азотной кислот.

Технологический процесс включает в себя следующие стадии: гидролиз целлюлозы с образованием порошка; промывка порошковой целлюлозы; сушка; диспергирование; сортирование.

Разработанная технология внедрена на одном из предприятий г. Пермь.

Настоящая работа проведена в целях расширения сырьевой базы производства порошковой целлюлозы для пищевой, фармацевтической и

Таблица 1

| Показатели                    | Значения показателей целлюлозы |           |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------|
|                               | древесной облагороженной       | хлопковой |
| Массовая доля в целлюлозе, %: |                                |           |
| альфа-целлюлозы               | 90,80                          | 98,00     |
| лигнина                       | 0,95                           | Нет       |
| смол и жиров                  | 0,61                           | Нет       |
| зола                          | 0,42                           | 0,12      |
| Белизна, %                    | 62,5                           | 84,0      |
| Степень полимеризации         | 1200                           | 1300      |

медицинской промышленности и повышения эффективности использования древесного сырья.

В качестве объекта исследований была выбрана производственная древесная бисульфитная целлюлоза, после варки прошедшая только стадию щелочной обработки без отбелики. Качественные показатели древесной целлюлозы представлены в табл. 1, там же для сравнения приведена характеристика хлопковой целлюлозы, использованной нами ранее для получения порошковой целлюлозы [3].

Из табл. 1 видно, что древесная целлюлоза отличается более низким содержанием альфа-целлюлозы, присутствием лигнина, смол и жиров, более высоким содержанием золы, а также значительно более низкой белизной (62,5 против 84,0 %).

В качестве гидролизующего агента использовали 5 %-й раствор азотной кислоты. Концентрация кислоты и продолжительность обработки (3–4 ч) приняты на основании предварительных исследований. Гидролиз целлюлозы проводили при температуре кипения реакционной смеси.

Под действием водных растворов кислот в процессе гидролитической деструкции происходит разрушение волокон, т.е. целлюлоза теряет волокнистую структуру и превращается в порошок. Основным показателем, характеризующим степень гидролитической деструкции целлюлозы, является степень полимеризации (СП). Поскольку порошковую целлюлозу предполагается использовать в пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности, то, кроме СП, были определены следующие показатели: сорбционная способность, белизна, водоудержание, насыпная плотность, фракционный состав.

Результаты гидролиза исследуемой целлюлозы, представленные в табл. 2, показывают, что при использовании в качестве гидролизующего агента азотной кислоты имеет место повышение белизны порошковой целлюлозы по сравнению с исходной волокнистой целлюлозой. Увеличение продолжительности гидролиза способствует дополнительному повышению белизны, но при этом снижается выход порошковой целлюлозы. Одновременно несколько снижается СП, сорбционная способность, водоудержание

Таблица 2

| Показатели                                                      | Значения показателей порошковой целлюлозы, полученной из целлюлозы |           |           |                              |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|
|                                                                 | древесной                                                          |           | хлопковой | по ТУ 9199-005-1200433303–96 |
|                                                                 | Вариант 1                                                          | Вариант 2 |           |                              |
| Выход целлюлозы после гидролиза, %                              | 86,2                                                               | 85,3      | 95,8      | –                            |
| Белизна, %                                                      | 77,9                                                               | 80,3      | 85,2      | Белый цвет                   |
| Степень полимеризации                                           | 252                                                                | 230       | 220       | ≥ 300                        |
| Сорбционная способность по йоду, мг J <sub>2</sub> /г целлюлозы | 48,4                                                               | 37,9      | 13,8      | ≥ 10                         |
| Водоудержание, %                                                | 74,3                                                               | 71,1      | 38,0      | ≥ 30                         |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>                           | 144                                                                | 156       | 320       |                              |
| Фракционный состав, %:                                          |                                                                    |           |           |                              |
| отсортированная фракция                                         | 88,8                                                               | 89,8      | 99,7      | –                            |
| отходы                                                          | 11,2                                                               | 10,2      | 0,3       | –                            |

Примечания. 1. По варианту 1 продолжительность гидролиза 3 ч, по варианту 2 – 4 ч. 2. Фракционирование проводили на лабораторной установке «Рассев» через шелковое сито с получением отсортированной фракции (частицы с размером менее 315 мкм, прошедшие через сито) и отходов (частицы, оставшиеся на сите).

продукта. Однако увеличение продолжительности гидролиза практически не оказывает влияния на насыпную плотность и фракционный состав порошковой целлюлозы.

Для сравнения в табл. 2 приведены качественные показатели порошковой целлюлозы из традиционного сырья – хлопковой целлюлозы. Деструктурированная до СП = 220 хлопковая целлюлоза отличается от порошковой древесной целлюлозы более высокими значениями выхода, белизны и насыпной плотности и меньшими значениями сорбционной способности и водоудержания.

Порошковая целлюлоза как из древесной, так и из хлопковой целлюлозы (табл. 2) соответствует техническим условиям на целлюлозу микрокристаллическую порошковую, предназначенную для использования в пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности. Показатели водоудержания и сорбционной способности порошковой целлюлозы из хлопковой целлюлозы близки к минимальным значениям, приведенными в технических условиях. У порошковой целлюлозы, полученной из древесной целлюлозы, эти показатели выше, но насыпная плотность и белизна ниже.

Отличия качественных показателей порошковой целлюлозы из различного вида сырья объясняются различиями в надмолекулярной структуре, степени чистоты и химическом составе исходного сырья.

Полученная порошковая целлюлоза в соответствии с принятой технологией подвергается сортированию (табл. 2), при этом образуется значительное количество отходов (10 ... 11 %).

Порошковая целлюлоза из древесной целлюлозы повышенного выхода имеет невысокую белизну. Хотя этот показатель строго не регламентируется техническими условиями, однако ряд потребителей предъявляют к нему повышенные требования. С целью улучшить белизну использовали следующие варианты проведения процесса отбелки:

отбелка волокнистой целлюлозы – гидролиз 5 %-й азотной кислотой в течение 3 ч – промывка (вариант I);

гидролиз – промывка – отбелка порошковой целлюлозы – промывка (вариант II).

Для отбелки применяли гипохлорит кальция. Условия отбелки волокнистой и порошковой целлюлозы представлены в табл. 3.

Расход активного хлора на отбелку волокнистой целлюлозы был принят в соответствии с содержанием лигнина в целлюлозе. Продолжительность отбелки контролировали в зависимости от концентрации остаточного хлора в целлюлозной массе. Результаты данной серии опытов приведены в табл. 4, из которой видно, что показатель белизны полученных образцов порошковой целлюлозы не ниже, чем у хлопковой порошковой целлюлозы (см. табл. 2). Порошковая целлюлоза из беленой древесной целлюлозы имеет более высокую сорбционную способность, чем отбеленная порошковая целлюлоза.

Таблица 3

| Вариант | Отбеливаемая целлюлоза | Расход активного хлора, % | Продолжительность, ч | Температура, °С | pH |
|---------|------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|----|
| I       | Волокнистая            | 2,0                       | 3                    | 30...35         | ~7 |
| II      | Порошковая             | 0,5...1,0                 | 1–2                  | 30...35         | ~7 |

Таблица 4

| Показатели                                                      | Значение показателей порошковой целлюлозы, полученной по варианту |                                              |      |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|
|                                                                 | I                                                                 | II при расходе на отбелку активного хлора, % |      |
|                                                                 |                                                                   | 0,5                                          | 1,0  |
| Выход порошковой целлюлозы, % от целлюлозы:                     |                                                                   |                                              |      |
| беленой                                                         | 88,0                                                              | –                                            | –    |
| небеленой                                                       | 85,7                                                              | 85,2                                         | 83,5 |
| Белизна, %                                                      | 85,5                                                              | 85,2                                         | 85,0 |
| Степень полимеризации                                           | 200                                                               | 200                                          | 195  |
| Сорбционная способность по йоду, мг I <sub>2</sub> /г целлюлозы | 41,5                                                              | 27,6                                         | 31,0 |
| Водоудержание, %                                                | 68,2                                                              | 74,0                                         | 72,0 |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>                           | 173                                                               | 152                                          | 168  |
| Фракционный состав, %:                                          |                                                                   |                                              |      |
| отсортированная фракция                                         | 86,5                                                              | 92,3                                         | 95,0 |
| отходы                                                          | 13,5                                                              | 7,7                                          | 5,0  |

Если сравнить образцы из беленой целлюлозы (I, табл. 4) с полученными из небеленой (1, табл. 2), можно сделать вывод, что у первых показатели степени полимеризации, сорбционной способности и водоудержания меньше, но больше насыпная плотность порошка.

Большее снижение СП отмечено при гидролизе беленой целлюлозы по сравнению с гидролизом небеленой целлюлозы.

Более низкие величины сорбционной способности по йоду порошковой целлюлозы, полученной из беленой, возможно, объясняются тем, что при гидролизе беленой целлюлозы, которая была подвергнута некоторой деструкции в процессе отбелки, происходит более полное растворение аморфной фракции и увеличение доли плотноупакованных (кристаллических) участков. В результате уменьшается объем субмикроскопических капилляров (например для хлопковой целлюлозы от 1,71 до 0,40 см<sup>3</sup>/г [2]), что приводит к снижению возможности для проникновения йода внутрь целлюлозного порошка. Однако этот показатель выше, чем у порошковой целлюлозы из хлопковой целлюлозы, что является положительным.

Как отмечено выше, при гидролизе беленой целлюлозы увеличивается степень деструкции целлюлозного волокна, в результате чего не только значительно снижается СП, но и несколько повышается насыпная плотность вследствие получения более мелкодисперсного порошка, что также можно отнести к положительным эффектам.

Увеличение количества отходов в этой серии опытов, очевидно, связано с растворением в процессе отбелки волокнистой целлюлозы низкомолекулярной, легкогидролизуемой фракции.

Порошковая целлюлоза, полученная отбелкой по варианту II, отличается от полученной по варианту I меньшими показателями сорбционной способности и насыпной плотности. Возможно, в процессе отбелки происходит дальнейшая ее деструкция, растворение аморфной фракции, что и приводит к изменению показателей целлюлозного порошка.

При увеличении расхода активного хлора на отбелку порошковой целлюлозы выход ее снижается. На остальные показатели изменение расхода активного хлора влияния не оказывает. Отбелка порошковой целлюлозы позволила снизить количество отходов сортирования до 5,0 ... 8,0 %.

При получении порошковой целлюлозы из древесной количество отходов значительно больше, чем из хлопковой. Поэтому нами была исследована возможность переработки отходов сортирования.

Отходы перерабатывали двумя способами:

- 1 – диспергирование в лабораторной мельнице в течение 2 мин;
- 2 – гидролиз 5 %-м раствором азотной кислоты.

Далее переработанные отходы также подвергали сортированию. Показатели порошковой целлюлозы, полученной в результате переработки отходов, приведены в табл. 5.

Как видно из данных табл. 5, по таким показателям, как степень полимеризации, сорбционная способность, водоудержание, насыпная плотность,

Таблица 5

| Показатели                                              | Значения показателей порошковой целлюлозы, полученной из обработанных отходов сортирования |            |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                         | 1-й способ                                                                                 | 2-й способ |
| Выход порошковой целлюлозы, %                           | 100,0                                                                                      | 88,4       |
| Степень полимеризации                                   | 218                                                                                        | 197        |
| Сорбционная способность, мг J <sub>2</sub> /г целлюлозы | 58,7                                                                                       | 34,5       |
| Водоудержание, %                                        | 74,6                                                                                       | 72,4       |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>                   | 210                                                                                        | 220        |
| Фракционный состав, %:                                  |                                                                                            |            |
| отсортированная фракция                                 | 96,2                                                                                       | 92,2       |
| отходы                                                  | 3,8                                                                                        | 7,8        |
| Количество отходов, % от исходной целлюлозы             | 0,4                                                                                        | 0,8        |

порошковая целлюлоза, полученная из отходов сортирования 1- и 2-м способами, практически не отличается от полученной из волокнистой целлюлозы. Поэтому целлюлоза из отходов сортирования может быть переработана и возвращена в цикл. При этом количество отходов всего процесса получения порошковой целлюлозы по 1-му способу снижается до 0,4, по 2-му – до 0,8 %.

Таким образом, показана возможность получения порошковой целлюлозы для пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности из бисульфитной целлюлозы при включении в схему стадии отбелки либо волокнистой, либо порошковой целлюлозы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковтун Т.Н., Хакимова Ф.Х., Носкова О.А. К разработке технологии получения порошковой целлюлозы для пищевой и фармацевтической промышленности // Вестник ПГТУ. Аэрокосмическая техника. – 1999. – № 3. – С. 57–62.
2. Носкова О.А. Получение порошковой целлюлозы из хлопковой и древесной целлюлозы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 1996. – 22 с.
3. Хакимова Ф.Х., Ковтун Т.Н., Носкова О.А. Разработка режима гидролиза хлопковой целлюлозы // Лесной вестник. – 1999. – № 4. – С. 35–38.

Пермский государственный  
технический университет

Поступила 13.06.02

*F.Kh. Khakimova, O.A. Noskova*

#### **Use of Wood Pulp of Increased Output as Raw Material for Producing Powdered Cellulose**

Possibility of producing powdered cellulose from wood bisulphite pulp with low brightness by hydrolytic destruction method has been investigated. It has been offered to bleach fibrous pulp before hydrolysis or powdered cellulose after hydrolysis for increasing brightness of powdered cellulose, as well as to disperse wastes of sorting and return them to mainstream for increasing the output.

УДК 628.315.2

**А.И. Фирсов**

Фирсов Александр Иванович родился в 1938 г., окончил в 1967 г. Нижегородский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет более 50 научных трудов в области охраны окружающей среды на предприятиях лесохимической промышленности.



### **ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ**

Изучено влияние товарных продуктов и полупродуктов лесохимического производства на процесс биоокисления сточных вод; установлены их ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов и атмосферном воздухе.

Ключевые слова: лесохимические продукты и полупродукты, токсичность, ПДК.

В процессе производства и использования отдельных видов лесохимической продукции некоторая ее часть попадает в сточные воды: от промывки технологического оборудования, тары, рабочих площадок цехов, на стадии приготовления растворов, смесей и т.п.

Влияние таких загрязнений на очистку общего стока предприятий определяется экспериментально в статических и динамических условиях по известной методике Государственного научного центра Российской Федерации НИИ ВОДГЕО, а также путем моделирования процесса очистки в лабораторных аэротенках. Получаемая при этом информация позволяет косвенно оценить токсичность стока для микроорганизмов, обеспечивающих биоокисление загрязняющих веществ.

В качестве тестируемых объектов использовали: сточную воду лесохимических цехов ЦБК, в том числе ОАО «Братсккомплексхолдинг», имеющую следующую характеристику: рН 6,8, бихроматная окисляемость ХПК = 850 мг О<sub>2</sub>/л, БПК<sub>5</sub> = 350 мг О<sub>2</sub>/л, взвешенные вещества – 50 мг/л; легкое талловое масло, выпускаемое названными предприятиями по ТУ 13-028-1078-100-90.

В качестве биологически очищаемой сточной воды применяли хозяйственную сточную воду из городской канализации, имеющую следующую характеристику: рН 7,5; ХПК = 200 ... 300 мг О<sub>2</sub>/л; БПК<sub>5</sub> = 70 ... 90 мг О<sub>2</sub>/л; аммонийный азот – 24 ... 40 мг/л; фосфор – 4,3 ... 5,0 мг/л (вариант I).

Для проведения опытов в статистических условиях в отдельные емкости с инкубируемой хозяйственной водой добавляли 1, 5 и 10 % по объему лесохимического стока (варианты II – IV) или 20, 40, 100 мг/л таллового масла (V – VII). Инкубационный период составлял 14 – 20 сут. Степень токсичности вводимых добавок косвенно оценивали по нарастанию

Таблица 1

**Загрязненность хозяйственной сточной воды  
по окончании инкубационного периода**

| Вариант опыта | ХПК                  | БПК <sub>5</sub>    | Аммонийный азот  | Нитриты       | Нитраты     |
|---------------|----------------------|---------------------|------------------|---------------|-------------|
|               | до/после очистки     | до/после очистки    | до/после очистки | после очистки |             |
|               | мг О <sub>2</sub> /л |                     | мг/л             |               |             |
| I             | <u>200...300</u>     | <u>70,0...90,0</u>  | <u>24...40</u>   | 1,0...3,9     | 0,10...0,22 |
|               | 59...80              | 2,7...4,7           | 16...32          |               |             |
| II            | <u>215...300</u>     | <u>67,0...90,0</u>  | <u>24...40</u>   | 0,7...4,4     | 0,16...0,27 |
|               | 53...85              | 3,0...5,9           | 19...32          |               |             |
| III           | <u>210...300</u>     | <u>60,0...90,0</u>  | <u>24...39</u>   | 0,6...4,4     | 0,12...0,22 |
|               | 60...90              | 4,4...6,5           | 19...31          |               |             |
| IV            | <u>220...290</u>     | <u>60,0...100,0</u> | <u>22...44,3</u> | 0,3...8,6     | 0,20...0,50 |
|               | 62...90              | 2,7...3,8           | 15...27          |               |             |
| V             | <u>210...510</u>     | <u>56,0...160,0</u> | <u>30...50</u>   | 1,3...2,5     | 0,06...0,20 |
|               | 54...80              | 2,5...5,0           | 20...31          |               |             |
| VI            | <u>215...560</u>     | <u>56,0...160,0</u> | <u>29...49</u>   | 0,3...1,0     | 0,05...0,20 |
|               | 50...80              | 2,5...5,0           | 22...35          |               |             |
| VII           | <u>270...590</u>     | <u>130...220,0</u>  | <u>30...46</u>   | 0,2...0,3     | 0,04...0,20 |
|               | 59...94              | 4,0...7,6           | 23...32          |               |             |

численности сапрофитной микрофлоры и качеству очищенной сточной воды.

Контроль колоний микроорганизмов, выращенных на мясопептонном агаре (определение общего микробного числа), свидетельствовал о сопоставимой интенсивности роста бактериальных клеток как в контроле (I), так и в пробах с добавками (II – VII). Микроскопирование пленок не выявило качественного и количественного различия присутствующих простейших форм во всех пробах.

Результаты аналитического контроля важнейших ингредиентов сточных вод приведены в табл. 1.

Опыт в динамических условиях проводили одновременно в нескольких лабораторных аэротенках с перечисленными выше добавками в хозяйственную сточную воду. Критерием токсичности в этом случае служили показатели остаточной загрязненности очищенных сточных вод (табл. 2).

Результаты опытов, проведенных как в статических, так и в динамических условиях, показывают отсутствие негативного воздействия испытываемых добавок на биологическую очистку хозяйственного стока. Степень очистки (по показателям ХПК, БПК<sub>5</sub>) в обоих случаях не отличается от контрольных опытов. Видовой состав микрофлоры и численность микроорганизмов практически одинаковы. Процессы нитрификации протекают без значительных отклонений, исключение составляет вариант с экстремально высокой концентрацией таллового масла в аэротенке (100 мг/л).

Однако в случае нарушения режимов водоотведения некоторое количество отдельных продуктов может поступать в водные объекты. При

Таблица 2

**Результаты очистки хозяйственной сточной воды  
с добавками лесохимического стока и таллового масла**

| Порядковый номер аэротенка | ХПК                  | БПК <sub>5</sub>        | Аммонийный азот  | Нитриты       | Нитраты   |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|---------------|-----------|
|                            | до/после очистки     | до/после очистки        | до/после очистки | после очистки |           |
|                            | мг О <sub>2</sub> /л |                         |                  | мг/л          |           |
| 1                          | 510/43...56          | 250,0...280/3,0...4,1   | 20,0/4,0...15,7  | 0,05...0,41   | 6,9...7,9 |
| 2                          | 530/38...56          | 260,0...280,0/3,5...4,3 | 20,0/6,8...16,5  | 0,07...0,35   | 5,7...6,8 |
| 3                          | 570/42               | 300,0/4,4               | 20,0/4,6         | 0,63          | 5,3       |
| 4                          | 640/54               | 340,0/4,4               | 20,0/5,2         | 0,32          | 5,5       |
| 5                          | 710/76               | 380,0/5,7               | 20,0/16,7        | 0,90          | 3,4       |

Примечания. 1. Аэротенк 1 – хозяйственная сточная вода (контроль), 2–5 – то же с добавкой 5 % (по объему) лесохимического стока и 20, 40, 100 мг/л таллового масла. 2. Концентрация общего азота до очистки составляла 48 мг/г; фосфора – до и после очистки соответственно 4,3...5,0 и 2,4...2,9 мг/л. 3. Дебит лабораторного аэротенка – 0,024 м<sup>3</sup>/сут, интенсивность аэрации – до 50 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> · ч), концентрация активного ила – 2,5 г/л, продолжительность эксперимента 45–50 сут.

испарении с поверхности воды эти продукты или их компоненты будут обнаруживаться в атмосферном воздухе.

Характер воздействия на биосферу таких загрязнений изучен при участии специализированных организаций министерства здравоохранения России с использованием общепринятых методик. Комплекс проведенных исследований позволил разработать и утвердить для широко распространенных лесохимических продуктов предельно-допустимые концентрации в воде объектов рыбохозяйственного назначения и атмосферном воздухе.

Из табл. 3 видно, что флотореагент талловый, смазка КАВС, масло талловое легкое и ряд других продуктов имеют сравнительно низкие значения ПДК в воде рыбохозяйственных водных объектов, которые сопоставимы с такими общеизвестными веществами, как метанол, фосфор (ПДК<sub>р.х</sub> = 0,1 мг/л), ацетон, ксилол, нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии и др. Учитывая возможное негативное воздействие названных лесохимических продуктов на зоопланктон, ихтиофауну, необходимо уделять большое внимание конструкции внутрицеховых, общезаводских сооружений очистки сточных вод, их эффективной эксплуатации.

В связи с тем, что в процессе изготовления, упаковки, выгрузки, применения происходит непосредственный контакт работающих с товарной продукцией, выполнены специальные медико-биологические исследования. Согласно ГОСТ 12.1.007–76 (ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности), основное количество лесохимических продуктов относится к малоопасным веществам (4-й класс опасности).

Таблица 3

**Предельно допустимые концентрации,  
установленные для лесохимических продуктов**

| Продукты                                                         | ПДК в воде<br>рыбохозяйственных<br>объектов, мг/л | ПДК в атмосферном воздухе, мг/м <sup>3</sup> |                |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|
|                                                                  |                                                   | максимально<br>разовая                       | среднесуточная |
| Диформаль пентаэритрита                                          | 10,00                                             | –                                            | –              |
| Ингибитор древесно-смоляной                                      | –                                                 | 0,006                                        | 0,006          |
| Канифоль ЭМО                                                     | 0,10                                              | –                                            | –              |
| Камфен технический                                               | 0,25                                              | –                                            | –              |
| Масло талловое легкое                                            | 0,10                                              | –                                            | –              |
| Масло сырое сульфатное                                           | 0,10                                              | –                                            | –              |
| Растворитель древесно-спиртовый:                                 |                                                   |                                              |                |
| марка А                                                          | –                                                 | 0,120                                        | 0,120          |
| марка Э                                                          | –                                                 | 0,070                                        | 0,070          |
| Растворитель мебельный АМР-3                                     | –                                                 | 0,090                                        | 0,090          |
| Смазка канифольная антивибрационная для алмазного бурения (КАВС) | 0,08                                              | –                                            | –              |
| Смола для производства активных углей                            | 0,50                                              | –                                            | –              |
| Стиромаль                                                        | 0,10                                              | –                                            | –              |
| Флотомасло-сырец                                                 | 0,10                                              | –                                            | –              |
| Флотореагент талловый                                            | 0,05                                              | –                                            | –              |
| Флюс канифольный активированный (ФКТ)                            | –                                                 | 0,300                                        | 0,300          |

Однако 44 товарных продукта [2], в том числе такие широко используемые, как канифоль талловая, масло камфарное,  $\alpha$ -пинен, скипидар живичный, смола для получения активных углей и др., отнесены к умеренно опасным. При работе с ними необходимо контролировать герметичность оборудования, трубопроводов, исправность приточно-вытяжной вентиляции. В цехах производства и переработки такой продукции должен проводиться периодический контроль ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. При этом чувствительность методов и приборов контроля не должна быть ниже 0,5 ПДК, их погрешность не должна превышать  $\pm 25\%$  от определяемой величины.

В ходе экспериментов установлено отсутствие негативного влияния малых концентраций лесохимических продуктов на водную флору и фауну. При контакте персонала предприятий с отдельными продуктами необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка токсичности сточных вод лесохимических цехов ЦБП / З.К. Купцова, Б.Н. Малисов, А.И. Фирсов и др. // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1990. – № 1. – С. 14–15.

---

2. *Фирсов А.И., Купцова З.К.* Результаты токсикологических исследований лесохимических продуктов // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1983. – № 7. – С. 16–17.

Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет

Поступила 13.11.02

*A.I. Firsov*

### **Toxicological Properties of Forest-chemistry Products**

The influence of market products and semi-products of forest-chemical industry on bio-oxidation of wastewater has been studied. Their maximum allowable concentrations have been determined for fish basin water and atmospheric air.

---

УДК 676. 163.5: 630\*385.1: 630\*242

*А.П. Смирнов, Г.А. Пазухина*

Смирнов Александр Петрович родился в 1946 г., окончил в 1971 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 40 печатных работ по проблемам гидролесомелиорации, экологии осушенных торфяных почв, влияния рубок в мелиорированных лесах на компоненты биогенезов.



Пазухина Галина Александровна окончила Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет около 150 научных трудов в области разработки экологически надежных и экономически целесообразных способов получения целлюлозы с применением органических растворителей, перекисных соединений и биологических агентов.



### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОСНЯКОВ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ**

Установлено, что древесина сосновых высокобонитетных древостоев естественного и искусственного происхождения на осушенных торфяных почвах не уступает древесине с минеральных почв, а по отдельным показателям и превосходит ее.

Ключевые слова: гидролесомелиорация, торфяные почвы, сосна, древесина, базисная плотность, химический состав древесины, сульфатная варка, выход целлюлозы.

В последние годы в России отмечается резкое сокращение площади экономически доступных лесов [2, 5, 10]. Ресурсы хвойных пород на естественно дренированных почвах в европейской части страны истощены. Транспортировка из Сибири обходится дорого. Очевидно, что и в первой половине XXI века значительная часть лесов Сибири и Дальнего Востока будет недоступна для эксплуатации. Поэтому обеспечение лесной продукцией населения России, свыше 80 % которого проживает в европейской части, требует повышения производительности лесных земель, в первую очередь путем гидромелиорации и плантационного лесовыращивания [5]. Можно сочетать оба направления за счет создания плантаций на осушенных, потенциально плодородных торфяных почвах [6, 7]. Вместе с тем в специальной литературе имеется мало сведений о свойствах древесины сосны, выросшей на мелиорированных торфяных почвах, как сырья для целлюлозно-бумажной промышленности.

В данной работе использованы результаты многолетних исследований, проводимых кафедрой почвоведения и гидромелиорации СПб ГЛТА под руководством проф. Б.В. Бабикова на Ушакинском и Тосненском стационарах Лисинского лесхоза-техникума Ленинградской области.

Опытный участок VI расположен в квартале 40 Ушакинского лесничества, на осушенной окрайке обширного верхового болота. Осушение было проведено в 1914 г., но в результате повреждения каналов произошло вторичное заболачивание территории. В 1956 г. был проведен частичный ремонт осушителей. Расстояние между каналами 120 ... 160 м, их глубина 0,5 ... 0,7 м.

Осенью 1958 г. осуществлена подготовка почвы под лесные культуры каналокопателем ЛКА-2. Борозды проложены перпендикулярно осушителям и выведены в них. Расстояние между бороздами 3 ... 4 м, их глубина 30 ... 35 см. Высота пластов 15 ... 20 см. Культуры сосны созданы в мае 1959 г. посадкой 2-летних сеянцев под меч Колесова. Расстояние между посадочными местами в рядах 0,7 м, между рядами 1,5 ... 2,0 м. Таким образом, основные элементы технологии подготовки почвы близки к рекомендуемым для создания плантаций [6]. Густота посадки – около 8 тыс. экз./га. Агротехнических уходов не потребовалось, так как в первые два года торфяные пласты слабо зарастали травянистой растительностью. Приживаемость культур 96 %. В последующие годы неоднократно проводили осветления с полным удалением листовых пород. Рост культур сосны характеризуется Ia классом бонитета.

Мощность торфяного горизонта в год производства культур составляла 0,3 ... 0,4 м. Торф по ботаническому составу травяной низинный с зольностью 6 ... 8 %. Подстилающий минеральный горизонт – оглеенный тяжелый суглинок, материнская порода – ленточные глины. Почва – торфяно-глеевая на ленточной глине.

В этом же году по аналогичной схеме были созданы культуры сосны на минеральной почве. Лесокультурные борозды были так же выведены в канал. В момент создания культур описание почвы не проводилось. Через 25 лет почва на этом участке (пробная площадь 6-3) определена как умеренно-грубогумусная, слабоподзолистая, иллювиально-железисто-глееватая, суглинистая на ленточных глинах. Рост культур сосны здесь также соответствует Ia классу бонитета.

Опытный участок ШБ расположен в квартале 4 Тосненского лесничества. Осушение обширного массива верхового болота со сложной залежью торфа проведено в 1967 г. На участке ШБ мощность залежи в момент осушения составляла 0,8 ... 1,0 м, причем мощный (0,5 м) слой сфагнового слаборазложившегося торфа (очеса) подстилается хорошо разложившимся переходным осоковым или древесно-осоковым торфом с зольностью 4 ... 7 %. Подстилающий минеральный горизонт – ленточные глины. Расстояние между каналами 58 м. Возникший в основном за 10 – 15 лет до гидромелиорации сосновый древостой на этом участке растет по I классу бонитета. При расстоянии между каналами 205 м на этом же объекте (опытный

участок V), в середине межканального промежутка (пр. пл. 15), 100 – 130-летние деревья сосны практически не отреагировали на осушение, их рост по-прежнему характеризуется V-Va классом бонитета. Поэтому древесиной на пр. пл. 15 можно принять за контрольный (неосушенный).

В 1984 г. в 27-летнем возрасте культур на участке VI было проведено опытное прореживание (пр. пл. 6-2). Метод ухода – низовой, но выбирали также и деревья типа «волк». Интенсивность рубки по запасу 45 %. В том же году, т.е. через 17 лет после осушения, прореживание было проведено и на участке ШБ по низовому методу (пр. пл. 7Б-р). Средний возраст деревьев сосны такой же, как и лесных культур на участке VI. Интенсивность рубки по запасу 23 %. Динамика таксационных показателей древостоев на контроле (пр. пл. 6-1, 6-3 и 5Б-к) и на участках с прореживанием (пр. пл. 6-2 и 7Б-р) приведена в табл. 1.

Таблица 1

## Сравнительная характеристика сосновых древостоев

| Номер пробной площади, вариант | $H_{ср}$ , м | $D_{ср}$ , см | Полнота            |             | Густота, дер./га | Запас, м <sup>3</sup> /га | Прирост по запасу, м <sup>3</sup> /га в год | Класс бонитета |
|--------------------------------|--------------|---------------|--------------------|-------------|------------------|---------------------------|---------------------------------------------|----------------|
|                                |              |               | м <sup>2</sup> /га | отн.        |                  |                           |                                             |                |
| 6-1, контроль                  | <u>12,8</u>  | <u>11,4</u>   | <u>30,98</u>       | <u>0,97</u> | <u>3005</u>      | <u>223</u>                | 9,5                                         | Ia             |
|                                | 21,6         | 17,3          | 35,62              | 0,95        | 1524             | 375                       |                                             |                |
| 6-2, опыт                      | <u>13,1</u>  | <u>13,5</u>   | <u>16,60</u>       | <u>0,52</u> | <u>1164</u>      | <u>128</u>                | 12,6                                        | Ia             |
|                                | 22,3         | 18,9          | 31,05              | 0,82        | 1111             | 330                       |                                             |                |
| 6-3, минеральная почва         | <u>12,4</u>  | <u>10,8</u>   | <u>26,70</u>       | <u>0,85</u> | <u>2733</u>      | <u>171</u>                | 9,9                                         | Ia             |
|                                | 21,3         | 16,9          | 31,35              | 0,84        | 1399             | 329                       |                                             |                |
| 5Б-к, контроль                 | <u>8,0</u>   | <u>9,9</u>    | <u>15,34</u>       | <u>0,58</u> | <u>1955</u>      | <u>71</u>                 | 7,1                                         | I              |
|                                | 14,4         | 14,5          | 24,17              | 0,73        | 1461             | 177                       |                                             |                |
| 7Б-р, опыт                     | <u>8,7</u>   | <u>11,3</u>   | <u>12,47</u>       | <u>0,46</u> | <u>1247</u>      | <u>54</u>                 | 8,4                                         | I              |
|                                | 14,3         | 15,5          | 23,73              | 0,72        | 1247             | 180                       |                                             |                |

Примечание. В числителе приведены данные 1984 г. в знаменателе – 1999 г. (две последние строки) и 2000 г.

За 16 лет средний периодический прирост ствольной древесины на изреженном участке культур сосны превышает контроль на 3 м<sup>3</sup>/га в год, причем запас откладывается на деревьях-лидерах. На контроле в последние годы наблюдается снижение прироста по запасу в связи с отсутствием прироста по площади сечения в результате усиленного отпада [1].

То же явление имеет место и в неразреженных культурах на минеральной почве, где наблюдается некоторое отставание в росте по сравнению с культурами на осушенном мелком торфянике. На ухоженном участке отпад практически отсутствует, за исключением случаев бурелома.

За 15 лет восстановился запас после разреживания и в осушенном сосняке естественного происхождения (пр. пл. 7Б-р). Этот древостой рассматривается нами в качестве типичного примера хорошего роста сосны естественного происхождения на осушенных переходных или верхово-переходных залежах торфа. Древостои, возникшие за 10 – 20 лет до проведения гидромелиорации, при высокой энергии роста часто имеют «унасле-

дованные» от прежних условий роста пороки ствола (кривизна в комле, кривизна ствола, сухобокость, сучковатость и др.), что ограничивает будущее использование древесины в качестве пиловочника или строительного леса [9]. Подобная древесина по сортиментной структуре представляет собой в основном балансовую, что и определило, наряду с древесиной культур, ее выбор при оценке пригодности в качестве сырья для целлюлозно-бумажной промышленности.

В 1983 г. для сравнения качества древесины были отобраны образцы из 30-летнего сосняка с осушенного и 100-летнего соснового древостоя с неосушенного торфяников (участки ШБ и V), а также из спелого сосняка-черничника IV класса бонитета в Южной Якутии. Древесина последнего объекта на тот период была достаточно типичной по качеству сырья для целлюлозно-бумажной промышленности СССР [4]. На каждом из участков было отобрано по пять одновозрастных модельных деревьев со средними диаметром, высотой и развитием кроны. Модели распиливали на отрезки через 0,1 высоты ствола. От каждого отрезка отбирали шайбы, по которым определяли условную (базисную) плотность древесины по ОСТ 81-119-79. Шайбы с 0,1 высоты ствола (для рассматриваемых участков – 1,3 ... 1,5 м от комля дерева) измельчали в щепу, часть которой использовали для лабораторных варок, часть – перерабатывали в опилки с отбором фракции 0,25 ... 0,50 мм для определения химического состава. Причем для сравнимости результатов использовали древесину последних 15 лет прироста (1968 – 1983 гг.), что для сосны с осушенного участка соответствовало периоду после проведения гидромелиорации. В опилках определяли содержание целлюлозы (по методу Кюршнера-Хоффера), лигнина (по методу Кенига в модификации Комарова), смол и жиров (многократной экстракцией этиловым спиртом в течение 3 ч в аппарате Э-8), водорастворимых веществ (горячей дистиллированной водой в течение 3 ч), пентозанов (по ГОСТ 10820-75). Для каждого участка готовили смесь опилок из пяти модельных деревьев.

Таблица 2

**Базисная плотность и химический состав древесины сосны естественного происхождения из различных условий местопроизрастания**

| Номер пробной площади, древостой                          | Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup> | Содержание, % от массы абс. сухой древесины |         |            |              |                         |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------|------------|--------------|-------------------------|
|                                                           |                                       | целлюлозы                                   | лигнина | пентозанов | смол и жиров | водорастворимых веществ |
| 7Б, 30-летний сосняк тростниково-сфагновый осушенный      | 338 ± 10                              | 47,5                                        | 26,0    | 7,6        | 3,9          | 4,1                     |
| 15, 100-летний сосняк кустарничково-сфагновый неосушенный | 357 ± 12                              | 47,7                                        | 25,2    | 7,8        | 6,3          | 6,7                     |
| 100-летний сосняк-черничник                               | 362 ± 5                               | 48,0                                        | 27,1    | 7,2        | 6,6          | 6,4                     |

Примечание. Образцы отбирали в Ленинградской области и Южной Якутии (последняя строка).

Из табл. 2 следует, что базисная плотность древесины молодой и энергично растущей сосны с осушенного участка всего на 5 % ниже, чем старой с неосушенного, причем это различие статистически недостоверно ( $t = 1,22$ ). По плотности и химическому составу древесина спелого неосушенного сосняка V класса бонитета из Ленинградской области мало отличается от древесины спелого сосняка-черничника IV класса бонитета из Южной Якутии. Древесина молодой сосны с осушенного участка по содержанию целлюлозы, лигнина и пентозанов близка к спелой древесине двух других участков (с торфяной и минеральной почв), но характеризуется существенным снижением содержания смол и жиров, а также водорастворимых веществ – соответственно 3,9 против 6,3 ... 6,6 % и 4,1 против 6,4 ... 6,7 %. Повышенное смолосодержание в древесине болотных сосняков отмечает О.И. Полубояринов [8].

При одинаковых условиях сульфатной варки выход полуцеллюлозы (при степени делигнификации 70 ед. Каппа) из древесины осушенного участка на 8 %, а выход целлюлозы (34 ед. Каппа) на 7 % больше по сравнению с аналогичными показателями для древесины из района Байкало-Амурской магистрали. По-видимому, столь значительное увеличение выхода целлюлозы из древесины высокобонитетной сосны с осушенного участка по сравнению с сосновым сырьем, наряду с более предпочтительным химическим составом (меньшее содержание смол, жиров и водорастворимых веществ), объясняется высокой избирательностью делигнификации ввиду более рыхлой клеточной структуры.

Выявленные отличия в качестве древесины сосны естественного происхождения на осушенной торфяной почве от древесного сырья с минеральной почвы и неосушенного торфяника были учтены при оценке древесины высокопродуктивных культур сосны. В 1984 г. на пр. пл. 6-2 было отобрано 10 модельных деревьев со следующим распределением по диаметру: 6 деревьев среднего диаметра ( $D_{cp}$ ) и средней высоты ( $H_{cp}$ ), а остальные 4 дерева по ряду –  $0,6D_{cp}$ ;  $0,8D_{cp}$ ;  $1,2D_{cp}$  и  $1,4D_{cp}$ . Таким образом, при отборе моделей было учтено нормальное распределение деревьев в древостое. С каждого модельного дерева отобрано 3 образца древесины – на 0,1; 0,3 и 0,6 высоты ствола, считая от комля. Высоты выбраны с таким расчетом, чтобы при условном делении ствола на три равновеликие части по объему указанные относительные высоты отбора образцов находились на середине длины каждой из частей [3]. По этой же методике были отобраны образцы древесины культур сосны с минеральной почвы (пр. пл. 6-3). Для каждого из них была измерена базисная плотность путем измерения выталкивающей силы [8]. Из образцов были приготовлены опилки для определения химического состава, а также щепы для сульфатной варки. Для определения длины трахеид древесину подвергали мацерации. Методика определения химического состава древесины аналогична приведенной выше.

Данные табл. 3 показывают, что сосновые культуры на мелком торфянике имеют менее плотную древесину (на 3,7 %) по сравнению с культурами на суглинке, причем различия достоверны ( $t = 4,01$ ). Как видно из табл. 2 и 3, средняя плотность древесины сосняков примерно одного возраста, но разного происхождения (естественно возникшие и искусственно созданные) с осушенных торфяников, сильно различающихся по типу торфяных залежей и их мощности, ботаническому составу торфа и его зольности, одинакова – 337 и 338 кг/м<sup>3</sup>. Что касается химического состава древесины 27-летних культур на разных почвах, то следует отметить повышенное содержание целлюлозы в культурах сосны на мелком торфянике. При одинаковых условиях сульфатной варки выход целлюлозы для древесины культур сосны с осушенного мелкого торфяника также оказался несколько выше – 45,5 против 43,8 % для древесины на минеральной почве.

Через 16 лет после прореживаний в 43-летних культурах на опытном участке VI вновь были отобраны образцы древесины с тех же пробных площадей, а также с контрольной (без рубки ухода). Образцы отбирали из 10 модельных деревьев по методике, приведенной выше. Плотность определяли на 6 средних моделях, но с отбором образцов на каждой из 10 относительных высот ствола, рассчитывали среднюю плотность отдельных секций ствола и их объемы [8]. По аналогичным методикам и для тех же целей были отобраны образцы древесины и на опытном участке ШБ.

Таблица 3

**Базисная плотность и химический состав древесины 27-летних культур сосны Ia бонитета на различных почвах**

| Номер пробной площади, почвы   | Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup> | Содержание, % от массы абс. сухой древесины |         |            |               |                         |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------|------------|---------------|-------------------------|
|                                |                                       | целлюлозы                                   | лигнина | пентозанов | смола и жиров | водорастворимых веществ |
| б-2, осушенные торфяно-глеевые | 337 ± 3                               | 52,7                                        | 28,3    | 8,1        | 2,4           | 2,1                     |
| б-3, модергумусные суглинистые | 350 ± 3                               | 51,8                                        | 28,2    | 8,1        | 2,1           | 2,1                     |

Таблица 4

**Зависимость характеристик древесины средневозрастных сосняков от условий местопроизрастания**

| Номер пробной площади, древостой (рубки ухода)                               | Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup> | Содержание, % от массы абс. сухой древесины |         |            |               |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------|------------|---------------|-------------------------|
|                                                                              |                                       | целлюлозы                                   | лигнина | пентозанов | смола и жиров | водорастворимых веществ |
| б-1, культуры сосны Ia бонитета на осушенном мелком торфянике (контроль)     | 366 ± 4                               | 47,1                                        | 28,0    | 12,3       | 4,8           | 1,9                     |
| б-2, культуры сосны Ia бонитета на осушенном мелком торфянике (прореживание) | 376 ± 7                               | 50,7                                        | 27,7    | 9,4        | 4,4           | 1,8                     |

|                                                                                       |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 6-3, культуры сосны Ia бонитета на модергумусной суглинистой почве (без прореживания) | 399 ± 7 | 51,4    | 26,3    | 8,2     | 3,8     | 1,7     |
| 5Б-к, сосняк I бонитета на осушенном торфянике (контроль)                             | 386 ± 7 | Не опр. |
| 7Б-р, сосняк I бонитета на осушенном торфянике (прореживание)                         | 377 ± 6 | 47,7    | 27,3    | 9,0     | 3,7     | 2,6     |

При анализе данных табл. 4 обращает внимание более высокая плотность древесины культур сосны на минеральной почве по сравнению со всеми вариантами сосновых древостоев на торфяных почвах. Однако различия статистически достоверны на 1 %-м уровне лишь для культур на мелком торфянике без проведения прореживаний (пр. пл. 6-1), как и 16 лет назад (см. табл. 3). Влияние рубки ухода на плотность сосновой древесины на разных участках оказалось противоречивым: на участке культур она повысилась на 2,7 %, в естественных сосняках понизилась на 2,2 %. Однако эти различия в обоих случаях недостоверны. О.И. Полубояринов указывает, что рубки ухода по низовому методу, с выборкой преимущественно мелкой и более плотной древесины, способствуют некоторому выравниванию плотности древесины в насаждениях. Поэтому выявленная тенденция относится к числу положительных последствий данного лесохозяйственного мероприятия [8]. С возрастом плотность как на торфяниках, так и на минеральной почве увеличилась на 11,2 ... 11,6 % (см. табл. 2–4). Содержание целлюлозы оказалось наиболее высоким в культурах на минеральной почве и в ухоженных культурах на мелком торфянике – соответственно 51,4 и 50,7 %. На контроле (пр. пл. 6-1) оно значительно ниже – 47,1 %. Сравнительно невысоким содержанием целлюлозы характеризуется и прореженный сосняк естественного происхождения на пр. пл. 7Б-р – 47,7 %.

Интересно отметить, что за 16 лет содержание целлюлозы в древесине на этом участке практически не изменилось (47,5 и 47,7 %), как и в культурах на суглинке (51,8 и 51,4 %). В культурах на мелком торфянике оно снизилось. Если принять, что до проведения прореживаний в 1984 г. процент целлюлозы в составе древесины был одинаковым на рядом расположенных пробных площадях 6-1 и 6-2 и составлял 52,7 % (см. табл. 3), то в 2000 г. на контроле этот показатель снизился до 47,1 %, на участке рубок – до 50,7 %. Тем не менее при одинаковых условиях сульфатной варки выход целлюлозы из древесины культур на ухоженном участке и минеральной почве (пр. пл. 6-2 и 6-3) оказался практически одинаковым (соответственно 47,3 и 47,2 % при степени делигнификации 32 ед. Каппа) и был на 2 % (от массы древесины) больше, чем выход целлюлозы из древесины сосны на пр. пл. 6-1 и 7Б-р. К тому же целлюлоза, полученная из древесины ухожен-

ных культур сосны на пр. пл. 6-2, имела наиболее высокие показатели механической прочности.

### *Выводы*

Древесина 30-летнего сосняка тростниково-сфагнового осушенного в Ленинградской области характеризуется меньшей базисной плотностью, пониженным содержанием смол, жиров и водорастворимых веществ по сравнению с древесиной спелых низкобонитетных сосняков на неосушенном верховом болоте (Ленинградская область) и на минеральной почве (Южная Якутия). Выход полуцеллюлозы и целлюлозы из древесины осушенного молодого сосняка соответственно на 8 и 7 % выше, чем из древесины Якутии. По-видимому, это объясняется высокой избирательностью делигнификации вследствие более рыхлой клеточной структуры древесины в осушенном древостое.

27-летние культуры сосны Ia класса бонитета на осушенном мелком торфянике в Ленинградской области характеризуются несколько меньшей базисной плотностью древесины по сравнению с аналогичными культурами на модергумусной суглинистой почве. Однако содержание целлюлозы в древесине и ее выход в одинаковых условиях сульфатной варки выше на осушенном торфянике.

Рубки ухода (прореживания) практически не оказали влияния на базисную плотность древесины средневозрастных сосняков на осушенных торфяных почвах (различия в пределах  $\pm (2 \dots 3) \%$ ). Плотность древесины сосны с увеличением возраста от 27 до 43 лет возросла на 11 ... 12 %, оставаясь по-прежнему несколько выше на минеральной почве. Содержание целлюлоз было наиболее высоким в культурах на минеральной почве, а также в ухоженных культурах на торфянике. При одинаковых условиях сульфатной варки выход целлюлозы из древесины этих участков также одинаков. Однако целлюлоза, полученная из древесины ухоженных культур на мелком торфянике, имеет наиболее высокие показатели механической прочности по сравнению с целлюлозой из древесины других рассматриваемых объектов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что древесина сосновых высокобонитетных древостоев естественного и искусственного происхождения на осушенных торфяных почвах не уступает древесине сосны с минеральных почв, а по отдельным показателям и превосходит ее.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабилов Б.В., Смирнов А.П., Колесников Ю.Е.* Результаты опытной рубки ухода в культурах сосны на осушенном мелком торфянике // Мониторинг осушенных лесов. – СПб.: ГЛТА, 2001. – С. 90–92.

2. *Константинов В.К., Великанов Г.Б.* Гидротехническая мелиорация лесных земель на современном этапе // Мониторинг осушенных лесов. – СПб.: ГЛТА, 2001. – С. 9–10.

3. *Крылов В.Н.* Исследование физико-химических свойств древесины сосны обыкновенной из различных лесонасаждений как сырья для производства сульфатной небеленой целлюлозы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1977. – 20 с.

4. *Крылов В.Н., Смирнов А.П., Ошкаев А.Х.* Сравнительная оценка качества древесины сосны из осушенных сосняков как сырья для ЦБП // Целлюлозные массы из древесины и коры: состав, свойства, применение. – Петрозаводск, 1985. – С. 29–34.

5. *Кудряшов М.М., Ильин В.А., Филинова И.В.* Лесоосушению нужен постоянный и надежный источник финансирования // Мониторинг осушенных лесов. – СПб.: ГЛТА, 2001. – С. 17–22.

6. Лесные плантации (ускоренное выращивание сосны и ели) / Под ред. И.В. Шутова. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 246 с.

7. *Маслаков Е.Л.* О создании плантационных культур на осушенных площадях гидролесомелиоративного фонда // Эффективность и организация работ по осушению лесных земель в Коми АССР. – Сыктывкар, 1988. – С. 47–48.

8. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.

9. *Рубцов В.Г., Книзе А.А.* Ведение хозяйства в осушенных лесах. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 118 с.

10. *Страхов В.В.* Русский лес на волнах мирового рынка // Лесн. газета. – 1997. – № 21.

С.-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

Поступила 8.04.02

*A.P. Smirnov, G.A. Pazuikhina*

### **Comparative Analysis of Wood Quality from High-productive Pine Stands on Drained Peat Soils**

It has been found out that wood quality of high-productive pine stands of natural and artificial origin on the drained peat soils is not lower than wood quality from mineral soils and even exceeds it in certain parameters.

---



УДК 658.155

***О.О. Байметова, А.В. Пластинин***

Байметова Ольга Олеговна родилась в 1972 г., окончила в 1997 г. Всероссийский заочный финансово-экономический институт, аспирант кафедры менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета. Имеет 3 печатные работы в области ценообразования.



Пластинин Александр Викторович родился в 1947 г., окончил в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 60 печатных работ в области экономики лесного комплекса.



### **О ВЫБОРЕ НОРМАТИВА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ЦЕН НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЩЕПУ**

Изложены методологические подходы к формированию цен на сырье для ЦБП.

Ключевые слова: норматив, рентабельность, цена, основные производственные фонды.

Все предприятия и организации в повседневной деятельности сталкиваются с проблемой установления цен на свои товары и услуги. От адекватности цен существующим экономическим условиям во многом зависит рентабельность предприятия, его конкурентоспособность, объем продаж и другие показатели хозяйственной деятельности. Сопоставление рыночной цены с затратами предприятия является точным индикатором того, насколько эффективна его деятельность и работа менеджеров.

Самый простой способ установления цен – «это способ «турецкого базара», когда цены «нащупываются» с помощью уторговывания» [7]. Такой эмпирический метод может обернуться грубым просчетом для одной из сторон. В то же время существуют научно обоснованные методы ценообразования. Они разнообразны и зависят от особенностей товара.

Формирование цен на технологическую щепу, предназначенную для производства целлюлозы, подчиняется общим закономерностям. Однако

имеются и особенности, определяемые характером реализуемого товара; участниками рынка; факторами, влияющими на продажи. Отсюда вытекает одно важное обстоятельство: спрос этой продукции на рынке определяется конъюнктурой цен на товары, для изготовления которых используется данная производственно-техническая продукция [3]. Таким образом, аналитическая зависимость цены на технологическую щепу, при которой обеспечивается рентабельное производство целлюлозы, может быть записана в следующем виде:

$$P_{ij} \cong [P_j (1 - (r_j/100 + r_j)) - Z_{ij}] 1/m_{ij}, \quad (1)$$

где  $P_{ij}$  – минимально допустимая цена продукта из вторичного сырья;

$P_j$  – отпускная цена конечного продукта;

$r_j$  – уровень рентабельности производства;

$Z_{ij}$  – стоимость переработки  $i$ -го сырья в  $j$ -й продукт;

$m_{ij}$  – расход  $i$ -го сырья на единицу  $j$ -го конечного продукта.

Экономический смысл формулы (1) заключается в том, что, прежде всего, она позволяет связать уровень цен на целлюлозу с ценами на исходное сырье (технологическую щепу). В табл. 1 отражено поведение цен на технологическую щепу и целлюлозу в Архангельской области в период с 1993 г. по 1998 г. Индексы цен производителей рассчитываются как отношение зарегистрированных цен по товарам-представителям на базовых (опорных) предприятиях к ценам предыдущего периода.

Таблица 1

| Продукция                                          | Индекс цен производителей |      |      |      |       |       |
|----------------------------------------------------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|
|                                                    | 1993                      | 1994 | 1995 | 1996 | 1997  | 1998  |
| Щепа для целлюлозного производства, м <sup>3</sup> | 3,7                       | 4,7  | 4,0  | 75,0 | 77,4  | 309,6 |
| Целлюлоза небеленая, т                             | 8,4                       | 8,3  | 2,4  | 67,9 | 107,0 | 170,4 |

Примечание. 1993 – 1995 гг. – число раз; 1996 – 1998 гг. – % [7].

Графики на рис. 1 отражают процесс формирования цен в период 1993–1998 гг.

Кривая индексов цен на целлюлозу представлена ломаной, которая образует как бы профиль ямы, со стремительным спуском (1994–1996 гг.) и крутым подъемом (1997–1998 гг.). Кривая изменения стоимости технологической щепы на временном отрезке 1993–1994 гг. и 1995–1998 гг. является проекцией ломаной, отражающей поведение цен на целлюлозу. Только период 1994–1995 гг. отмечен несовпадением темпов падения цен.

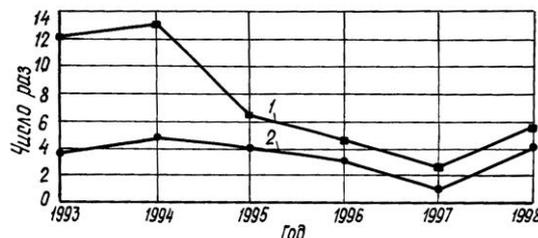


Рис. 1. Изменение цен на целлюлозу (1) и технологическую щепу (2)

Цены на целлюлозу снижались стремительно, на щепу не так круто. Рано или поздно механизм рыночной экономки устранил диссонанс в колебаниях цен на продукцию ЦБП и щепу. Задача нашего исследования состоит не в том, чтобы стабилизировать уровень цен на технологическую щепу, а скорее в том, чтобы уменьшить неопределенность уровня будущих прибылей.

Формула (1) может быть с успехом использована для обоснования нормы доходности (рентабельности) целлюлозно-бумажного предприятия. Безусловно, цена, рассчитанная по этой формуле, это цена потребителя, но она выступает в роли базового ориентира доступности ресурсов.

При видимой простоте практическое применение формулы (1) требует решения ряда сложных проблем. Наибольшую трудность вызывает выбор норматива рентабельности. В экономической литературе наиболее часто рассматриваются четыре основных показателя рентабельности: труда, продаж, продукции и общая [1, 5, 6, 9]. Известны и многочисленные модификации: рентабельность к производственным фондам, к активной части производственных фондов, чистая, собственного капитала и т. д. Какой из этих показателей следует выбрать для оценки эффективности деятельности предприятия?

Сегодня предприятия абсолютно свободны в выборе показателей рентабельности производства. Как правило, выбор осуществляется исходя из стратегических приоритетов.

В настоящее время острой проблемой в ЦБП остается состояние основных производственных фондов и степень их обновления. По информации Архангельского областного комитета статистики, износ фондов в ЦБП региона больше, чем в деревообрабатывающей промышленности (табл. 2), и превышает 60 % [4].

Темпы обновления производственных фондов в целлюлозно-бумажной промышленности крайне низкие и отстают от аналогичных показателей в сопряженных отраслях (табл. 3).

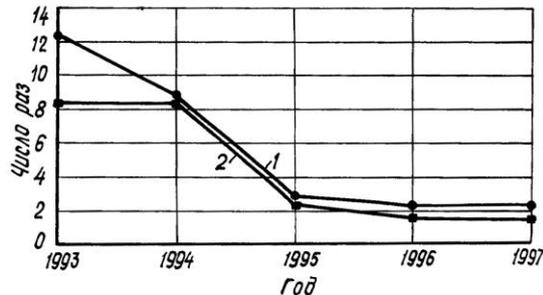
Таблица 2

| Отрасль промышленности | Степень износа ОПФ, % |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 1991                  | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| Деревообрабатывающая   | 51,5                  | 45,9 | 43,4 | 49,5 | 47,7 | 50,6 | 50,9 |
| Целлюлозно-бумажная    | 68,9                  | 55,5 | 50,3 | 57,4 | 56,8 | 60,7 | 63,3 |

Таблица 3

| Отрасль промышленности | Коэффициент обновления ОПФ, % |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 1991                          | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| Деревообрабатывающая   | 6,8                           | 6,0  | 17,1 | 2,2  | 3,5  | 1,0  | 4,9  |
| Целлюлозно-бумажная    | 3,4                           | 3,5  | 13,7 | 5,8  | 3,0  | 2,1  | 1,8  |

Рис. 2. Изменение цен на целлюлозу (1) и коэффициента обновления основных фондов (2)



Из-за несовершенства техники и технологии средняя выработка целлюлозы на предприятиях РФ на одного работающего в год в 10–30 раз ниже, чем в странах с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью, а издержки в ряде случаев достигали 500 ... 600 долларов, и это при наличии дешевого по мировым меркам сырья [2, с. 14].

Проведем нетрадиционный эксперимент. Наложим данные, характеризующие поведение цен на целлюлозу (табл. 1) и показателей обновления производственных фондов (табл. 3) с 1993 г. по 1997 г., на одну координатную сетку, изменив первоначальный порядок размещения кривых (рис. 2). Цель, которую мы преследовали, поместив первую кривую выше второй, выяснить, действительно ли снижение уровня цен на продукцию ЦБП приводит к сокращению инвестиционных вливаний.

Поэтому в фазе экономического подъема изменения коэффициента обновления ОПФ синхронны колебаниям цен на продукцию ЦБП. Этот факт легко объясним. В период падения цен на конечную продукцию предприятия ЦБП вынуждены мириться с отсутствием прибыли от основной деятельности и должны решать главную задачу – выживания в краткосрочной перспективе. В этот период инвестиционная деятельность затухает. А накопление ресурсов для последующего реинвестирования, как правило, прямо пропорционально росту добавочной стоимости. Это косвенно подтверждает тот факт, что ОПФ сегодня являются наиболее дефицитным ресурсом. Учитывая, что в производственном процессе наиболее интенсивно эксплуатируются ОПФ, непосредственно участвующие в создании новой стоимости, считаем экономически обоснованным при определении цен производителя во всех случаях базовый ориентир доступности технологической щепы оценивать на базе норматива рентабельности активной части ОПФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа – М.: Финансы и статистика, 1998. – 415 с.
2. Игнатов И.А. Цели предстоящего периода восстановления ЦБП России // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 1998. – № 9–10. – С. 14–15.
3. Липиц И.В. Коммерческое ценообразование. – М.: Изд-во БЕК Москва, 1997. – 355 с.

4. Основные показатели экономического и социального положения Архангельской области за 1992–1996 гг.: Статистич. сб. – Архангельск: Архоблкомгосстат, 1997. – 96 с.

5. *Пластинин А.В.* Экономическая эффективность производства и инвестиций: принципы, показатели и методы оценки: Учеб. пособие. – Архангельск, 1993. – 141 с.

6. *Пластинин А.В., Михайлов И.Л.* Основы экономики предприятия. – Архангельск: Инженерн. центр «Экогидролизпром» ПО «Архангельскгидролизпром», 1990. – 55 с.

7. *Пунин Е.И.* Маркетинг, менеджмент и ценообразование на предприятиях в условиях рыночной экономики. – М.: Международ. отношения, 1993. – 112 с.

8. Статистический сборник «Архангельская область в цифрах». – Архангельск: Архоблкомгосстат, 1999. – 125 с.

9. *Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С.* Методика финансового анализа. – М.: ИНФРА-М, 1995. – 236 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 06.06.02

*О.О. Baimetova, A.V. Plastinin*

### **On Selecting Standard of Profitability when Setting Prices on Pulpchips**

Mythological approaches to price formation on raw material of pulp-an-paper production are presented.

---

УДК 630\*6

**Г.В. Мерцалова**

Мерцалова Галина Викторовна родилась в 1954 г., окончила в 1977 г. Всесоюзный юридический институт, кандидат юридических наук, федеральный судья Серпуховского федерального городского суда Московской области, преподаватель филиала по Серпуховскому району Московского государственного социального университета. Имеет 5 печатных работ в области государственного регулирования прав на недвижимое имущество.



### **ЛЕС И ЛЕСНЫЕ ОТНОШЕНИЯ КАК ОБЪЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРАВ**

Освещены вопросы регистрации лесного фонда, его участков, лесов, не входящих в лесной фонд, и их участков. Показано, что нарушений в системе лесопользования можно избежать, создав четкую нормативную базу.

Ключевые слова: лесные отношения, лесной кодекс, госучет лесного фонда, госрегистрация договоров.

Российские лесные просторы огромны: «Общая площадь лесов на территории нашей страны составляет 1,1 млрд гектаров. Это более 24 % мировых запасов леса. Причем площадь лесов в России, в отличие от всего мира, не сокращается, а медленно растет» (Власть. – 2002. – № 3. – С. 61). Эта информация заставляет задуматься, а все ли сделано для надлежащего лесопользования? Счетная палата РФ проверила деятельность Министерства природных ресурсов и выявила немало нарушений в системе лесопользования. «Когда государство закрывает глаза на то, как делят его же собственность, оно теряет не только миллионы долларов, но и контроль над стратегическими отраслями национальной промышленности», – пишет Д. Гальцев в статье «Как делаются целлюлозно-бумажные деньги» (Новая газета. – 2001. – № 90).

Обратимся к некоторым основополагающим нормативным актам, регламентирующим лесопользование.

Гражданское законодательство, вступившее в действие в марте 1995 г., в частности ст. 130 ГК РФ, относит леса и многолетние насаждения к недвижимым вещам. В 1997 г. вступил в силу Лесной кодекс РФ. В 1997 г. принят Федеральный закон РФ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним», который закрепил государственную регистрацию прав на леса и многолетние насаждения. Анализируя нормы указанных законов в совокупности, можно сделать вывод об отсутствии в них четких действий и понятий.

В преамбуле Лесного кодекса говорится о лесе как о совокупности лесной растительности, земли, животного мира и других компонентов окружающей природной среды. Объекты лесных отношений четко определены в ст. 6: это лесной фонд РФ, участки лесного фонда, права пользования ими, леса, не входящие в лесной фонд, их участки, права пользования ими

и древесно-кустарниковая растительность. В Лесном кодексе нет понятия «многолетние насаждения». В то же время ст. 20 предусматривает право собственности граждан и юридических лиц на древесно-кустарниковую растительность, расположенную на земельном участке. Леса и многолетние насаждения подлежат государственной регистрации – это установлено ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним». Такого объекта регистрации, как древесно-кустарниковая растительность, в законе нет.

Лес как объект гражданского правоотношения и государственной регистрации указан в ст. 130 ГК РФ и в ст. 1 ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним», но в ст. 6 Лесного кодекса РФ (Объекты лесных отношений) такого обобщенного понятия нет. Возможно ли это теоретически и правильно ли это? Следует привести в соответствие нормы гражданского права и лесного законодательства, т. е. ст. 130 ГК РФ, ст. 1 закона РФ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» и ст. 6 Лесного кодекса РФ. Было бы правильным объект «многолетние насаждения», согласно которому регистрации подлежат и многолетние цветы, заменить на объект «древесно-кустарниковая растительность», а при перечислении объектов недвижимости указывать более четкие понятия: лесной фонд РФ, его участки, леса, не входящие в лесной фонд, и их участки. Главу IV Федерального закона «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» следует дополнить нормами о порядке регистрации прав на участки лесного фонда и участки, не входящие в него.

Лесной фонд, его участок, леса, не входящие в лесной фонд, и их участки как объекты недвижимости и государственной регистрации должны иметь свой не повторяющийся во времени и на территории Российской Федерации кадастровый номер, который присваивается каждому объекту при кадастровом и техническом учете (инвентаризации) в соответствии с процедурой, установленной законодательством РФ. Однако четко не установлено, кто ведет кадастровый и технический учет леса.

В ранее действовавшем законе РСФСР «Об охране окружающей природной среды», принятом в 1991 г., было указано, что количественный и качественный учет природных ресурсов должны осуществлять государственные природоохранные органы РФ совместно с органами государственной статистики, природопользователями. На них возлагалось ведение государственного земельного, водного, лесного кадастров, государственных кадастров недр и особо охраняемых природных территорий и объектов. Однако фактически указанный закон не выполняется.

20.12.2001 г. Государственной Думой принят новый Федеральный закон «Об охране окружающей среды», который определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды. В ст. 4 одним из объектов охраны значатся леса и иная растительность. В объеме полномочий органов государственной власти в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды, указано ведение государственного учета осо-

бо охраняемых природных территорий, в том числе природных комплексов и объектов, а также природных ресурсов в соответствии с их экологической значимостью. Таким образом, государственный учет особо охраняемых природных территорий де-юре обеспечен. А полномочия по ведению лесного кадастра? Лесной кодекс к полномочиям Российской Федерации относит определение порядка и организации ведения государственного учета лесного фонда, государственного лесного кадастра, мониторинга лесов и лесоустройства (ст. 46).

Согласно ст. 68 Лесного кодекса РФ ведение государственного кадастра осуществляет федеральный орган управления лесным хозяйством и его территориальные органы.

Планом подготовки проектов нормативных правовых актов, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 14.03.1997 г., был установлен срок представления проекта постановления «О порядке ведения государственного учета лесного фонда» (апрель 1997 г.) и указаны ответственные за его подготовку – Рослесхоз, Минэкономики, Госкомстат, Минфин, Минюст России. Многократно менялся состав ответственных организаций, а порядок ведения государственного учета лесного фонда не упорядочен. А если нет учета, что же регистрировать учреждениям юстиции?

Каким образом выполняются нормы закона о государственной регистрации права на участки лесного фонда и не входящие в него? Выдаются ли свидетельства о государственной регистрации прав?

В 1999 г. Московской областной регистрационной палатой утверждены методические рекомендации «О порядке возникновения и регистрации прав на леса – участки лесного фонда и участки леса, не входящие в лесной фонд, и сделок с ними». Эти рекомендации передают в сокращенном виде содержание Лесного кодекса РФ, кроме гл. 4–6, в которых указаны документы, необходимые для регистрации договоров аренды и безвозмездного пользования, и порядок регистрации. Следует отметить, что регистрация договоров производится только после регистрации права государственной собственности на участки лесного фонда.

Оборотоспособность объектов лесных отношений, в том числе участков лесного фонда, установлена ст. 12 Лесного кодекса РФ, из которой следует, что оборот лесного фонда не допускается, так как это собственность государства. В то же время Конституция РФ (ст. 9, п. 2) допускает возможность нахождения в частной собственности и, следовательно, в обороте земли и других природных ресурсов. Однако в соответствии со ст. 129, п. 3 ГК РФ оборот природных ресурсов допустим лишь в той мере, в какой этот объект признан законом о природных ресурсах оборотоспособным. Но Лесной кодекс РФ запрещает куплю – продажу, залог и совершение других сделок, которые влекут или могут повлечь за собой отчуждение участков лесного фонда, а также участков лесов, не входящих в лесной фонд.

Допустимы сделки с правами пользования участками лесного фонда и участками лесов, не входящих в лесной фонд, в порядке, установленном лесным законодательством, а в неурегулированной им части – гражданским

---

законодательством. Из этого следует, что договоры аренды, безвозмездного пользования участком лесного фонда, концессии и краткосрочного пользования подлежат государственной регистрации в учреждениях юстиции. Однако практика показывает, что в Серпуховском районе Московской области в учреждении юстиции не зарегистрирован ни один из указанных договоров.

Подводя итог, можно сказать, что законы имеются, но не исполняются, а некоторые вопросы в должной мере не урегулированы. Это свидетельствует о недостаточной активности политики государства в лесных отношениях. Используя все правовые рычаги учета и регистрации в соответствии с имеющимися нормативными актами, регулируя платежи за пользование лесным фондом можно увеличить бюджет страны.

Серпуховской городской суд  
Московской области

Поступила 28.02.02

*G. V. Mertsalova*

### **Forest and Forest Relations as Objects of State Rights Registration**

The questions of forest stock, its sites and forests that don't enter the forest stock and its sites are dealt with. It is shown that violations in the forest use system could be avoided through developing precise normative base.

---



## МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 378

**Я. Ф. Молнар**

Молнар Янош Ференцевич родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, профессор кафедры менеджмента, директор Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ в области менеджмента, экономики и организации лесной промышленности.

**КАК НА ПРОИЗВОДСТВЕ НАЙТИ ПОКУПАТЕЛЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ?**

Исследована проблема взаимодействия образовательных учреждений с предприятиями по обучению и консультированию руководителей и специалистов. Выбраны современные методы определения потребностей в образовательных и консультационных услугах, разработки образовательных программ и их продвижения.

Ключевые слова: образовательная программа, продвижение услуг, взаимодействие образовательных учреждений с предприятиями- клиентами.

На рынке образовательных услуг давно утвердилось мнение, что востребованные предприятиями новые знания, умения, навыки являются товаром. Если есть товар, должны быть его продавец и покупатель. Задача, поставленная в этой статье, – как найти покупателя для продекларированного товара.

С точки зрения банальной эрудиции, продать товар – значит, решить некоторую проблему покупателя, помочь ему разобраться, в чем именно он нуждается, и показать, как товар может удовлетворить его потребности.

Потенциальный покупатель образовательных программ желает знать все о предлагаемом товаре, продавцах, и надо постараться максимально удовлетворить его законный интерес.

Начиная рекламную кампанию, образовательное учреждение должно убедить клиентов в своем высоком потенциале. Возможными аргументами здесь могут быть уже заключенные договоры, полученные и исполненные им заказы на повышение квалификации и переподготовку кадров, участие в международных программах. Такая реклама формирует интерес клиента именно к данному учебному заведению, побуждает его обратиться туда за

дополнительной информацией. Эта реклама может быть сравнительной, если образовательное учреждение сопоставляет предлагаемые образовательные услуги с подобными услугами конкурентов. При этом рекламное послание должно быть юридически безупречным, правдивым, отвечать принципам добросовестной конкуренции.

Задача любого рекламного обращения к потенциальным покупателям образовательных услуг – добиться встречи с ними. Поэтому к письмам, которые могут повысить шансы продавца договориться о встрече с покупателем, предъявляются следующие специфические требования.

1. Убедитесь, что вы знаете, кому пишете. Сосредоточьтесь на этом клиенте и попытайтесь поставить себя на его место. Как бы вы себя чувствовали, получив это письмо?

2. Постарайтесь первый абзац построить так, чтобы привлечь внимание читающего, и сформулируйте в нем задачи своего письма.

3. Второй абзац следует посвятить проблеме, наиболее приоритетной для читающего.

4. Далее покажите, как ваша образовательная программа может решить эту проблему новым и эффективным методом.

5. Представьте несколько доказательств того, как вы помогли другим клиентам в подобных ситуациях.

6. Закончите письмо таким образом, чтобы читатель захотел установить контакт с вами.

Распространено использование так называемой скрытой рекламы в виде журнальной или авторской статьи. В ней основными рекламными аргументами, действующими на потребителя образовательных услуг, могут быть:

1) известность образовательного учреждения и его педагогических кадров;

2) интересные особенности образовательного процесса и его обеспечение; применяемые прогрессивные методы обучения и консультирования слушателей, методическое и научное сопровождение образовательных программ и т. д.;

3) опыт работы, сотрудничества образовательного учреждения с отечественными и зарубежными фирмами;

4) предлагаемые конкурентные преимущества по предоставлению образовательных услуг своим клиентам, например обучение и консультирование на территории предприятия, решение в ходе этого процесса актуальных проблем развития производства, обеспечение слушателей полным набором методических материалов и т. д.

Приведем краткую информацию о возможных вариантах повышения квалификации и переподготовки кадров. Объем, продолжительность и назначение образовательных программ различны. Условия их реализации регламентируются нормативными документами Министерства образования РФ, в соответствии с которыми образовательные учреждения имеют право на

реализацию образовательных программ по повышению квалификации, стажировке, профессиональной переподготовке.

Повышение квалификации включает в себя следующие виды обучения:

1) краткосрочное (не менее 72 ч) тематическое обучение применительно к конкретному производству, проводимое, как правило, по месту работы специалистов;

2) тематические и проблемные семинары (от 72 до 100 ч) по научно-техническим, технологическим, социально-экономическим и другим проблемам, возникающим на уровне отрасли, региона, предприятия;

3) длительное (свыше 100 ч) обучение специалистов, как правило, в образовательном учреждении по актуальным проблемам науки, техники, психологии, социально-экономическим и другим по профилю профессиональной деятельности.

Эти программы преследуют цель обновить теоретические и практические знания специалистов в связи с повышением требований к уровню квалификации и освоить новые современные методы решения профессиональных задач.

Образовательные программы по стажировке предусматривают формирование и закрепление на практике профессиональных знаний, умений, навыков, полученных в результате теоретической подготовки. Стажировка осуществляется также в целях приобретения передового опыта, профессиональных и организаторских навыков для применения на занимаемой или более высокой должности.

В отличие от повышения квалификации стажировка остается пока наименее разработанным видом дополнительного образования. Заметной конкуренции по реализации программ стажировок между образовательными учреждениями еще не наблюдается. Стажировка может быть как самостоятельным видом дополнительного образования, так и одним из разделов программы повышения квалификации и переподготовки кадров.

Образовательные программы по переподготовке руководителей и специалистов преследуют цели:

1) приобретения слушателями права на ведение нового вида профессиональной деятельности с выдачей диплома о профессиональной переподготовке по программе в объеме свыше 500 ч;

2) присвоения дополнительной квалификации лицам, прошедшим обучение по программе свыше 1000 ч с выдачей соответствующего диплома.

Любая из перечисленных образовательных программ представляет практический интерес для производства. Какой из возможных вариантов выбрать? Однозначного ответа, естественно, нет. В любом случае следует исходить из потребностей предприятий. Для изучения спроса на повышение квалификации и переподготовку кадров руководителям будущих образовательных программ необходимо побывать на предприятиях. Только после этого может проясниться искомый вариант образовательной программы на

заданную заказчиками тему. Нормативными документами Министерства образования Российской Федерации по дополнительному образованию право на разработку образовательной программы закреплено за заказчиком. Договаривающиеся стороны решают, кому делать первый вариант любой образовательной программы, тем более, что в него вносятся изменения.

Установление контакта с конкретным предприятием вовсе не означает, что заказчик найден. Предприятия, профессионально занимающиеся повышением квалификации, переподготовкой кадров, одновременно обычно имеют деловые отношения с несколькими учреждениями дополнительного образования как государственными, так и негосударственными, предлагающими свои услуги на разных условиях. Заказчик внимательно присматривается к предложениям конкурирующих образовательных учреждений. Об этом всегда надо помнить претендентам на оказание образовательных услуг. Следует признать, что за последние годы конкуренция между образовательными учреждениями усилилась. О наличии конкуренции заказчик иногда намекает, иногда молчит, преследуя достижение бесспорных для себя выгод. Но какие бы карты ни разыгрывал заказчик на образовательные услуги, к нему следует относиться весьма уважительно.

Из достоверных источников автору этих строк известно, что о том, какому образовательному учреждению отдать предпочтение, заказчик в первом приближении судит по трем параметрам: содержанию программы обучения, подробных сведениях о будущих исполнителях и, безусловно, о цене договора. Затем вступают в силу факторы, сопутствующие реализации программы. Здесь преобладают следующие вопросы:

Будет ли учеба сопровождаться консультированием слушателей по основным направлениям их работы?

Какая форма обучения (с отрывом или без отрыва от производства) принимается?

Будет ли процесс обучения организован в пункте нахождения предприятия, т. е. без выезда слушателей?

Какие новые методы обучения предлагаются?

Таким образом, заказчика интересует все, и он строго отслеживает готовность будущего исполнителя служить ему, предоставить образовательные услуги высокого качества, максимум удобств для реализации программы.

До недавнего времени организация повышения квалификации, переподготовки кадров осуществлялась по схеме, изображенной на рис. 1.

В соответствии с этой схемой считалось, что рожденная в недрах образовательных учреждений программа – это то, с чего следует начинать оказывать образовательные услуги. Разработанная образовательная программа направлялась в адрес потенциальных клиентов без учета потребностей получателя образовательных услуг.



Рис. 1. Ориентация на товар

Размер изображенных на рис.1 геометрических фигур указывает на значимость элементов организации повышения квалификации или переподготовки кадров: клиенту, т. е. получателю образовательных услуг отводится последнее малозаметное место. Несмотря на неэффективность данной схемы, она живуча и все еще встречается в практике работы образовательных учреждений.

Современный взгляд на организацию повышения квалификации и переподготовки кадров существенно отличается от этого безнадежно устаревшего представления. Уважающие себя образовательные учреждения должны начинать работу с выявления фактических потребностей производства, проблем, возникающих на пути стоящих перед предприятием целей и задач. Надо достаточно конкретно выяснить, какие категории руководителей и специалистов и в каких новых знаниях нуждаются, чему их учить. Во главу угла ставится получатель услуг, и только после этого формируется востребованная программа. Разработанная и согласованная с заказчиком она адресуется конкретной категории персонала.

В соответствии с такой логикой схема приобретает вид, изображенный на рис. 2.

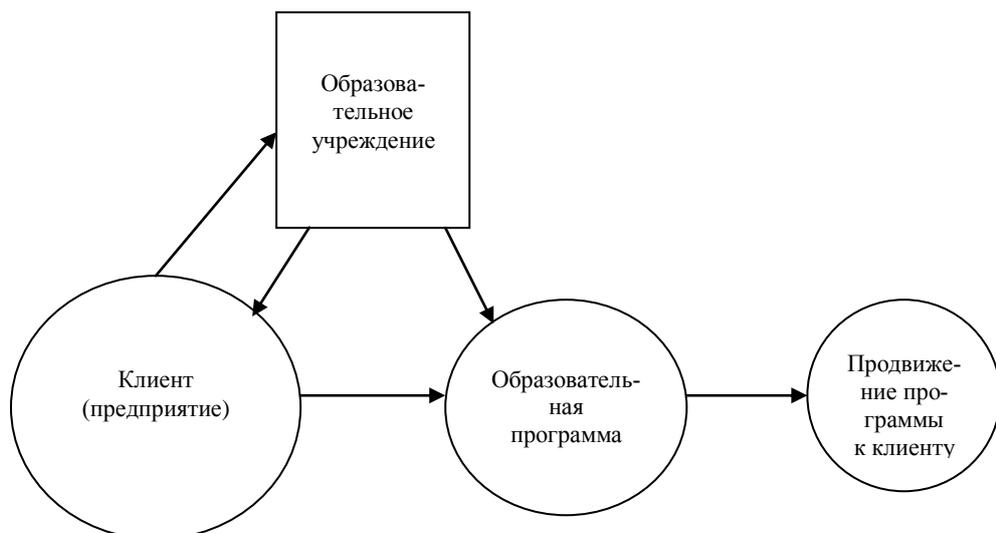


Рис. 2. Ориентация на клиента

В настоящее время необходимо ориентироваться на клиента – получателя образовательных услуг. С учетом выявленных потребностей создается товар, продукт в виде образовательной программы. И только после этого следует ее продвижение к клиенту.

Стремление искренне служить клиенту не должно заслонять интересы самого образовательного учреждения. Между продавцом и покупателем образовательных услуг уместен торг. В принципе они – и покупатели, и продавцы образовательных услуг – равноправные партнеры одного процесса. Не следует забывать, что уступки заказчику тоже имеют разумные пределы, любая уступка имеет цену.

Не только клиент может выбирать образовательное учреждение, но и образовательное учреждение выбирает заказчиков своих услуг. При выборе предприятий оно должно исходить из следующих соображений: своих профессиональных возможностей и интересов; отраслевой принадлежности предприятий – клиентов, их платежеспособности, деловой репутации потенциальных клиентов; сложившейся ситуации на рынке образовательных услуг.

Таким образом, процесс взаимодействия образовательных учреждений с предприятиями в сфере образовательных услуг должен строиться на общепринятых принципах ведения бизнеса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовое положение об образовательном учреждении дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов: Постановление Правительства Российской Федерации от 10 марта 2000 г. № 213 // Собр. 9 законодательства РФ. – 2000. – № 12.

2. Молнар Я.Ф. Обучение и консультирование по заказам производства (Уроки бизнеса в образовательной сфере) // Лесн. журн. – 2001. – № 5–6. – С. 182–187. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 04.09.02

*Ya.F. Molnar*

#### **How to Find Customer of Educational Services in Industry?**

The problem of educational institutions interaction with enterprises related to providing training and consultancy to top managers and specialists has been investigated. Modern methods of need analysis in educational and consultancy services, development of educational programs and their promotion have been selected.



УДК 001.8

***Т.С. Буторина, Е.В. Ширшов***

Буторина Татьяна Сергеевна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Архангельский педагогический институт, доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой педагогики и психологии, проректор по учебной работе Архангельского государственного технического университета, академик РАСН. Имеет более 200 печатных работ в области общей и профессиональной педагогики, истории педагогики и образования, ломоносововедения.



Ширшов Евгений Васильевич родился в 1955 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизации обработки экономической информации Архангельского государственного технического университета. Имеет более 85 печатных трудов по вопросам разработки и внедрения информационно-педагогических, дистанционных технологий в учебный процесс вуза.

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Приведена информация об одном из эффективных методов научного педагогического исследования – поисково-аналитической работе с электронными каталогами библиотек на базе современных информационных технологий.

Ключевые слова: информационная база, педагогическое исследование, информационные технологии, мониторинг публикаций, электронный каталог.

Под информационной базой педагогического исследования понимается совокупность данных, систематизированных по направлению и определенным признакам, используемых для решения педагогической задачи.

Современное педагогическое исследование предполагает использование информационных технологий. Так, если раньше на поиск нужной информации в читальных залах Библиотеки им. В.И. Ленина, Библиотеки им. К.Д. Ушинского в Москве или в Публичной библиотеке им. М.Е. Салтыкова-Щедрина в С.-Петербурге требовалось много времени, то теперь, с одной стороны, применение средств сети Интернет способствует сокращению времени и повышению качества состава исследовательской работы, а с другой, неизмеримо расширяет доступ к информации, увеличивает скорость ее получения и обработки, особенно для исследователей, проживающих в отдаленных от центра регионах.

Использование больших возможностей информационных технологий для выявления и анализа литературных и иных источников, информированности о теме проводимого исследования особенно актуально на первоначальном этапе.

Значительный интерес для мониторинга периодических публикаций, позволяющего поддерживать информированность о состоянии исследований других авторов по изучаемой проблеме, могут представлять электронные каталоги Государственной публичной научно-технической библиотеки России (<http://www.gpntb.ru>), Государственной научной педагогической библиотеки им. К.Д.Ушинского (<http://www.gnpbu.ru>), Российской государственной библиотеки (<http://www.rsl.ru>), Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ - <http://www.viniti.ru>).

Проблемы, не позволяющие в полной мере использовать преимущества электронных средств поиска информации в каталогах, связаны с ручной обработкой поступающих в библиотечные фонды печатных изданий, а также отсутствием сведений об утверждении диссертационных работ в ВАК России. Необходимо как можно быстрее переходить на электронные виды издания и обработки книг, периодики, диссертаций, авторефератов и т. п.

Н.И. Загузов опубликовал ряд статей и монографий по проблемам информированности научной общественности в области педагогических исследований [3, 4], в которых достаточно полно отражены количественные и качественные аспекты развития данного направления в нашей стране.

В последнее время в связи с изменениями, внесенными решениями ВАК о порядке защиты диссертаций [2], особенно актуальной стала своевременная информированность научных работников, соискателей по проводимым в России исследованиям. Краткий ежегодный обзор тематики защищенных диссертаций, аннотации диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, рекомендованных к публикации, объявления о защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, публикуемых в соответствии с п. 18 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74, и другая информация, предоставляемая Бюллетенем ВАК, несомненно, способствуют осуществлению поставленных целей. Однако для соискателей остается вопрос о ранее защищенных работах. В этом случае может оказаться полезным наш опыт создания информационной базы исследования по выбранной тематике с использованием современных информационных технологий.

В качестве эксперимента, с учетом имеющихся сведений [4], нами была выполнена поисково-аналитическая работа по электронным каталогам диссертаций и авторефератов, находящихся в сети Интернет. Изучаемая тематика научного направления – использование педагогических и информационных технологий в образовательном процессе вуза.

Анализ выполненных в 2000–2002 гг. работ позволил: определить приоритетные направления научного поиска; уточнить проблему выбранного диссертационного исследования.

Так, в педагогике наиболее актуальными являются вопросы дистанционного образования, эколого-экономической подготовки, диагностики обученности, формирования коммуникативной компетентности и модульной технологии личностно-ориентированного образования. К новым науч-

ным направлениям можно отнести: открытое образование, телекоммуникационное обучение, современные педагогические технологии в дополнительном профессиональном образовании, моделирование образовательных систем с использованием систем искусственного интеллекта, проектирование и использование в учебном процессе электронных пособий и средств Интернет, инвариантная подготовка преподавателей, совершенствование теоретико-методологической смысловой основы, вариативное образование, образование взрослых и т. п. Со временем этот перечень, несомненно, будет увеличиваться и конкретизироваться, так как учебные заведения профессиональной направленности все более активно включаются в разработку научных проблем, имеющих опережающее значение [1].

Ежегодный анализ тематики защищенных диссертаций свидетельствует о том, что отдельные направления исследований имеют приоритетный характер, но, тем не менее, остро ощущается дефицит исследований историко-педагогического характера, становления системы профессионального и общего образования.

В этих условиях важным, на наш взгляд, является стимулирование поиска актуальных тем по эксклюзивным заказам, осуществляемых, например, в РГППУ – головном вузе Министерства образования РФ – по выполнению координационного плана научно-исследовательских работ в области инженерно-педагогического и профессионально-педагогического образования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белкин А.С., Ткаченко Е.В. Диссертационный совет по педагогике: проблемы и перспективы // Педагогика. – 2002. – № 9. – С. 54–60.
2. Бюллетень ВАК Министерства образования Российской Федерации. – М.: ВАК, 2002. – № 2. – 49 с.
3. Загузов Н.И. Докторские диссертации по педагогике и психологии (1937–1998 годы): Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «НЕСТО», 1999. – 208 с.
4. Загузов Н.И. Основные направления диссертационных исследований по проблемам информатизации образования в 2000 году // Информатика и образование. – 2001. – № 5. – С. 22–29.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 23.09.02

*T.S. Butorina, E.V. Shirshov*

#### **Development of Informational Base for Pedagogical Research**

Information about one of the efficient methods of scientific pedagogical research - search-and-analytical work with electronic library catalogues based on advanced informational technologies is presented.



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.03

*А.Д. Голяков*

Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области механической технологии древесины и изучения показателей механических свойств пиломатериалов.



### К ИССЛЕДОВАНИЮ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Установлено, что слои древесины сосны, располагающиеся в комлевой части около середины радиуса ствола, плотнее остальных.

Ключевые слова: плотность древесины, распределение плотности, конструкционные пиломатериалы.

Механические показатели пиломатериалов снижаются не только сучками (наиболее распространенными сортообразующими пороками), но и местными искривлениями волокон окружающей их древесины (завитками), прочность которых зависит от плотности.

Цель наших исследований – установить характер распределения плотности как показателя механических свойств древесины в стволе дерева, а также возможность использования этого распределения при выпилке пиломатериалов.

Исследовано одно дерево сосновой породы высотой 17,0 м. Протяженность бессучковой зоны ствола составила 5,0 м, живая крона находилась на уровне 9,5 м.

Плотность древесины определяли по ГОСТ 16483.7–73 на уровне от земли 0,5 м (диаметр 23,5 см); 5,5 м (20,0 см); 10,5 м (16,0 см).

Результаты распределения плотности древесины в абс. сухом состоянии по радиусу ствола представлены на рис. 1.

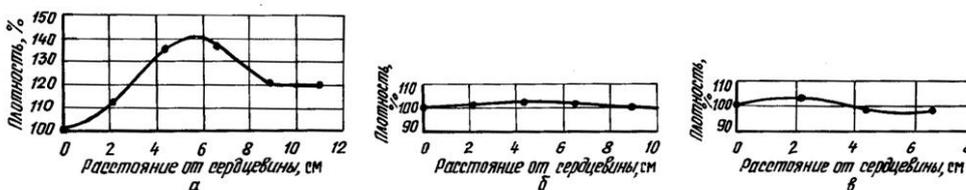


Рис. 1. Плотность древесины на уровне 0,5 (а); 5,5 (б) и 10,5 м (в) над землей



Рис. 2. Зависимость плотности древесины от уровня над землей: 1 – наиболее плотные слои; 2 – средняя плотность



Рис. 3. Схема постова для получения пиломатериалов повышенной плотности

Плотность древесины на высоте ствола 5,5 и 10,5 м почти не зависит от расположения места отбора на радиусе среза дерева. Практический интерес представляет распределение плотности на высоте 0,5 м, где средние на радиусе слои плотнее присердцевинных и периферийных заболонных соответственно на 36 и 12 %.

Протяженность зоны повышенной плотности древесины по длине хлыста в нашем частном случае составила около 3 м (рис. 2). По данным Н.Л. Леонтьева [1] и К. Gohre [2], она может быть значительно больше – около 8 м. Очевидно, что протяженность зоны повышенной плотности зависит от общей высоты дерева, которая, в свою очередь, зависит от возраста и условий произрастания.

Длина пиловочных бревен варьируется в пределах 3...7 м. Таким образом, пиломатериалы, выпиленные из комлевых бревен, особенно из средней по радиусу части, будут обладать повышенными показателями прочности, что важно при использовании их в качестве конструкционных материалов.

Если дифференцировать по конструкционной ценности доски, получаемые из комлевых бревен, то наиболее прочными будут боковые первой пары, особенно при выпилке их из бруса. Например, в нашем случае это доски *К* (рис. 3), которые могли бы быть толщиной 32 ... 50 мм при наличии сердцевинной вырезки *В* = 19 ... 32 мм. Средняя плотность древесины толстых боковых досок будет более чем на 20 % выше плотности древесины аналогичных досок, выпиленных по нечетному поставу из последующих бревен хлыста.

Тонкие боковые доски *к* также будут иметь повышенные механические показатели по сравнению с досками, выпиленными из некомлевых бревен, но повышение это менее значительное.

Итак, отсортировывая из общей массы комлевые бревна и распиливая их по специальным постовам, можно получать пиломатериалы повышенной плотности, т.е. более прочные, чем из прочих бревен хлыста при одинаковом визуальном качестве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев Н.Л. Упругие деформации древесины. – М-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 120 с.
2. Gohre K. Werkstoff holz. Leipzig. Veb Fachbuchverlag, 1961. – 386 s.

Архангельский государственный  
технический университет

*A.D. Golyakov*

### On Investigation of Pine Wood Density

The layers of pine wood in the butt part close to the stem radius midpoint are found to possess higher density than the others.

УДК 674.213:69.025.351.3

*А.Р. Бирман*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЩИТОВОГО ПАРКЕТА С ДЕКОРАТИВНЫМ ЛИЦЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Приведены результаты исследований технологии производства щитового паркета.

Ключевые слова: древесина, паркет, декоративное покрытие, цветовой рисунок, квадрат, планка.

В связи с постоянно возрастающим дефицитом древесины твердых лиственных пород для щитового паркета с лицевым покрытием «в шашку» используют планки из древесины березы, слабо выраженная текстура которой не удовлетворяет эстетическим требованиям современного интерьера.

Нами предложено формировать лицевое покрытие щитового паркета из планок различных пород древесины, причем в каждом квадрате планки располагать в определенной цветовой последовательности. Предлагаемая конструкция щитового паркета обеспечивает возможность автоматизации процесса его сборки известными способами с образованием упорядоченного цветового рисунка, выгодно отличает декоративное лицевое покрытие от однотонного по ГОСТ 862.4–87.

Технологический процесс набора лицевого покрытия щитового паркета состоит из трех основных операций: организация ряда паркетных планок; формирование квадратов из ряда планок; формирование ковра лицевого покрытия.

Изготовление паркетных щитов с декоративным лицевым покрытием включает дополнительную операцию: создание ряда из планок различных пород древесины с их чередованием в ряду по заданной программе. При формировании квадратов из такого ряда рисунок складывается, во-первых, за счет ортогональной ориентации квадратов в процессе формирования ковра лицевого покрытия и, во-вторых, за счет последовательности чередования планок различных пород древесины в каждом отдельном квадрате. (В дальнейшем планки одной породы или одного цвета условимся называть «темные», а другой – «светлые»).

В качестве материала для светлых планок может быть использована древесина березы, для темных – древесина ценных пород, глубококрасенная древесина березы или древесина других малоценных пород.

Формирование рисунков лицевого покрытия декоративного щитового паркета может быть осуществлено по двум основным направлениям:

набор рисунков из ряда чередующихся по определенной программе разноцветных прямоугольных паркетных планок одинаковых геометрических размеров; поквадровый набор рисунков из разноцветных планок различных геометрических форм и размеров.

Для изготовления щитового паркета с декоративным лицевым покрытием можно рекомендовать разработанную в С.-Петербургской лесотехнической академии автоматизированную линию сборки и склеивания щитового паркета производительностью 250 ... 300 тыс. м<sup>3</sup> в год (проект 2.212.00) [1]. Используя конструктивные особенности этой линии можно осуществить набор лицевого покрытия декоративного щитового паркета по первому направлению, предварительно формируя

ряды (потоки) паркетных планок по определенной программе. Деление этих потоков на квадраты, последовательный их разворот и все последующие операции будут осуществляться в автоматическом режиме. В зависимости от выбора того или иного рисунка будет изменяться только программа чередования светлых и темных планок в потоке.

Второе направление также может быть реализовано на линии проекта 2.212.00, хотя средства реализации будут сложнее, однако оно обладает и большими возможностями. Это касается как большей выразительности рисунков, так и более полного использования древесины за счет переработки брака основного производства.

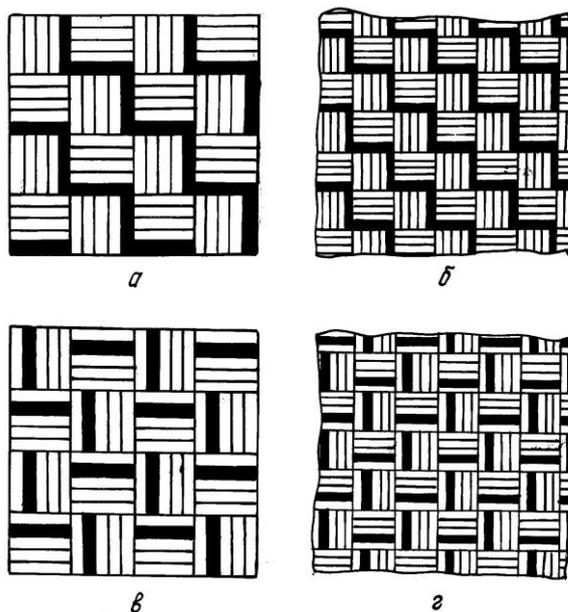
Примеры некоторых декоративных лицевых покрытий приведены на рисунке. В зависимости от соотношения темных (т) и светлых (с) планок в каждом квадрате могут быть получены те или иные геометрически правильные декоративные рисунки. Композиция этих рисунков зависит не только от программы формирования потоков паркетных планок, но и от начальной фазы поперечного сдвига планок из их потока в зону формирования ковра лицевого покрытия.

Образцы рисунков получены из потоков паркетных планок, сформированных по одной программе (4с + 1т + 4с + 1т и т. д.), но их набор осуществлен с разной начальной фазой:

4с + 1т + 4с + 1т + 4с + 1т и т.д. (рисунок а, б);

1с + 1т + 4с + 1с + 1т + 4с и т.д. (рисунок в, г).

Насыщая исходный рисунок дополнительными деталями, варьируя их, можно создавать более сложные композиции покрытия паркетных щитов.



Варианты декоративного лицевого покрытия паркетного щита (а, в) и фрагменты пола (б, г)

При этом необходимо использовать либо планки прямоугольной формы разных размеров по длине и ширине, либо планки в виде простейших геометрических фигур. Механизация процесса набора лицевого покрытия из таких планок на всю поверхность паркетного щита представляет значительные трудности. Однако задача существенно упрощается, если из планок набирать отдельные квадраты, а потом формировать ковер лицевого покрытия. Формирование ковра и дальнейшие операции в этом случае также можно осуществить на автоматизированной линии проекта 2.212.00.

Выбор рисунка набора и его цветового решения будет зависеть от общего уровня оснащения предприятия, обеспеченности соответствующим сырьем и трудовыми ресурсами. Не последнюю роль в этом вопросе будет играть и экономический аспект. Наиболее рационально, чтобы каждое конкретное предприятие выпускало декоративный щитовой паркет по собственным утвержденным образцам-эталонам.

Требования, предъявляемые к конструкции щитового паркета с декоративным лицевым покрытием, могут быть сформулированы следующим образом:

конструкция паркетного щита должна соответствовать ГОСТ 862.4–87;

рационально использовать паркетные щиты размерами 600 × 600 мм (основной вариант), что наиболее полно отвечает прочностным и эксплуатационным требованиям, предъявляемым к напольным покрытиям, и соответствует архитектурно-строительной сетке;

желательно иметь четное число квадратов лицевого покрытия, так как в этом случае не требуется специальной ориентации щитов при их изготовлении и устройстве полов;

целесообразно изготавливать щиты с нечетным числом планок в квадрате лицевого покрытия (оптимально – 5 шт.), что позволяет получить широкую гамму вариантов набора;

рисунок лицевого покрытия должен образовывать при монтаже пола выразительные декоративные полотна.

На щитовой паркет с декоративным лицевым покрытием разработаны и утверждены ТУ [3].

Для механизации процесса изготовления декоративного щитового паркета с использованием основного оборудования линии 2.212.00 в СПб ГЛТА разработаны устройства [2] для формирования ряда чередующихся по цвету паркетных планок, которые являются дополнительным оборудованием к основной линии, т. е. позволяют выпускать на ней как обычный, так и декоративный щитовой паркет; достаточно просты по конструкции, надежны и безотказны в работе; имеют конструкцию навесного или приставного типа; легко перестраиваются на другую программу, отключаются; работают в автоматическом режиме.

Формирование щитового паркета с декоративным лицевым покрытием обеспечивает экономию древесины твердых лиственных пород, снижает затраты на изготовление напольных покрытий в помещениях жилых и общественных зданий повышенной комфортности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1727317 СССР, МПК В 27 М 3/04. Автоматическая линия для производства щитового паркета / Бирман А.Р. и др. (ДСП).

- 
2. *Бирман А.Р.* Производство облицовочных деревянных покрытий из низкосортной древесины. – СПб.: СПб ЛТА, 2001. – 124 с.
  3. ТУ 13-848–85. Щиты паркетные с декоративным лицевым покрытием.

С.-Петербургская государственная  
лесотехническая академия

*A.R. Birman*

**Technology of Mass Production of Block Parquet  
with Decorative Facing**

The research results of production technology of block parquet are provided.

---

УДК 674.047

*Ф.Г. Секисов, О.В. Смердов***О ВОЗМОЖНОСТИ СУШКИ ПРОПИТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
В ПОЛЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА\***

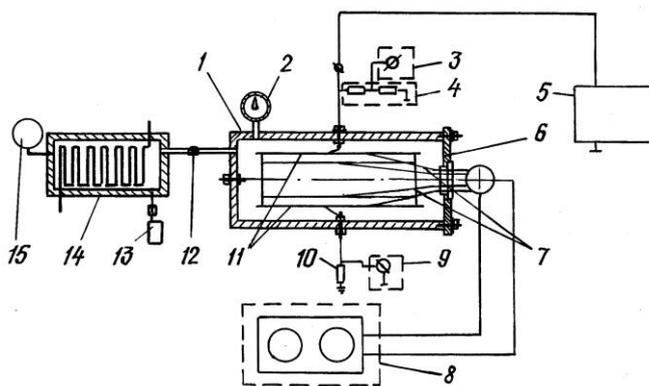
Представлены результаты экспериментальных исследований сушки пропитанной древесины в поле газового разряда.

Ключевые слова: сушка, газовый разряд, пропитка древесины, электрическое поле.

Одной из наиболее распространенных задач в технологии деревообработки является пропитка древесины водорастворимыми составами для придания ей огне- и биозащитных свойств, улучшения ее прочностных, декоративных и других качественных характеристик. Однако обработанная таким образом древесина имеет высокую начальную влажность, что требует дополнительных затрат энергии и увеличения продолжительности сушки [1–3].

Интенсификацию сушки необходимо проводить с учетом процессов, связанных с развитием внутренних напряжений. Минимальные внутренние напряжения возникают при объемном нагреве древесины. Объемный нагрев обеспечивается за счет СВЧ и ВЧ воздействия, а также прямого протекания электрического тока. Использование последнего оправдано, так как не требует сложных устройств преобразования и позволяет сократить затраты энергии на единицу испаренной влаги. Однако трудности в обеспечении надежного электрического контакта между поверхностями электрода и древесины, связанные с шероховатостью последней, сдерживают использование прямого протекания тока при сушке. Использование газового разряда позволяет снизить влияние шероховатости древесины и обеспечивает надежный электрический контакт между древесиной и электродом.

Нами исследована возможность сушки пропитанной древесины в поле газового разряда.



\* Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта Министерства образования Российской Федерации (шифр ТОО-11.4-1247).

Рис. 1. Принципиальная схема установки для сушки пропитанной древесины в поле газового разряда: 1 – вакуумная камера; 2 – моновакууметр; 3, 4 – система измерения напряжения; 5 – блок питания; 6 – фланец; 7, 8 – система измерения температуры; 9, 10 – система измерения тока; 11 – электроды; 12 – вентиль; 13 – сборник влаги; 14 – конденсатор пара; 15 – насос

Эксперименты проводили на установке, принципиальная схема которой приведена на рис. 1. Диэлектрическая камера 1 выполнена из полиэтилена низкого давления. В ее корпус вмонтированы вводы высоковольтных электродов 11. Окно камеры закрыто фланцем 6 из оргстекла, в котором закреплены контакты для термодатчиков 7. К камере через вентиль 12 подсоединены конденсатор пара 14 и сборник влаги 13. Воздух откачивают при помощи масляного форвакуумного насоса НВР5Д (15). В качестве источников питания использовали блок БП-100 и сконструированный и изготовленный в НИИ высоких напряжений импульсный блок питания 5. Измерение давления в камере проводили с помощью моновакуумметра 2.

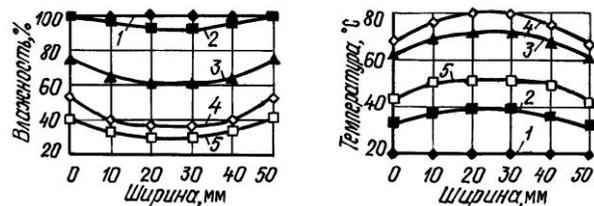
Удельные затраты энергии при сушке древесины в поле газового разряда составляли 0,78 ... 1,75 кВт·ч/л.

Экспериментальные исследования выполнены при давлении воздуха в камере от 0,100 до 0,005 МПа. Для сравнения было использовано три вида напряжений: постоянное, переменное и импульсное. Амплитуду напряжения варьировали от 0 до 15 кВ, длительность импульса напряжения – от 0,2 до 20,0 мкс. В зависимости от давления в камере уровень пробивной напряженности электрического поля промежутка электрод – древесина достигал 80 ... 800 В/мм.

Опытные образцы размером 150 ... 250 × 50 × 40 мм<sup>3</sup> изготавливали из древесины березы и пропитывали водой. Влажность пропитанных образцов находилась в пределах 100 %. Влажность образцов измеряли весовым способом, температуру – с помощью термометра.

Сравнительные исследования по выбору оптимальных схем проведения экспериментов показали, что применение профилированных электродов наиболее эффективно, так как позволяет надежно инициировать и поддерживать горение разряда в зазоре между поверхностями электрода и древесины без перекрытия всего межэлектродного промежутка. Такой же эффект был достигнут при использовании плоских электродов, поэтому в дальнейшем применяли плоские электроды.

Рис. 2. Диаграммы распределения полей влажности (а) и температуры (б) по сечению образца при продолжительности 0 (1), 1 (2), 7 (3), 11 (4) и 13 ч (5)



Использование постоянного и переменного напряжения было связано с трудностями инициирования и устойчивого горения разряда между поверхностями древесины и электрода. При достижении древесиной определенного предела влажности возникал искровой пробой на ее поверхности. Для постоянного напряжения этот предел составлял около 60 %, для переменного – около 40 %. Наиболее эффективен по скорости и устойчивости горения разряда импульсный вид напряжения с частотой следования импульсов от 50 до 1000 Гц, затем следуют переменное и по-

стоянное напряжения. При длительности импульса менее 1 мкс удается снизить вероятность развития поверхностных разрядов и значительно увеличить напряженность электрического поля в материале. Предельная влажность, до которой была высушена древесина при использовании импульсного напряжения, составила около 17 %. Поэтому дальнейшие опыты выполняли с этим напряжением.

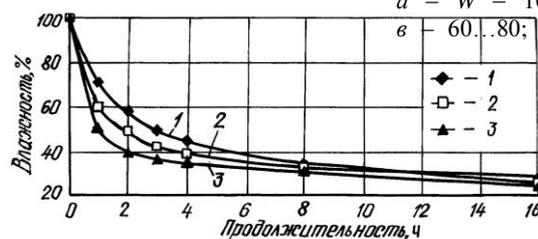
Исследование зависимости сушки от давления в камере и напряженности электрического поля показало, что на продолжительность сушки большее влияние оказывает напряженность поля.

На рис. 2 представлены зависимости распределения полей температуры и влажности по сечению материала, полученные при использовании в качестве источника тепла импульсного электрического тока. Видно, что температура внутри древесины выше температуры поверхностных зон. Это приводит к возникновению градиента температуры – одного из движущих факторов, ускоряющих процесс сушки. Наряду с градиентом температуры в объеме древесины возникает избыточное давление, действие которого способствует удалению влаги из внутренней зоны заготовок.

Осциллограммы тока и напряжения (вертикальная ось), представленные на рис. 3 показывают, что процесс сушки в начальный момент (при влажности  $W = 120 \dots 100 \%$ ) происходит в основном за счет прямого протекания тока. Форма импульса тока практически повторяет форму импульса напряжения. По мере снижения влажности

Рис. 3. Осциллограммы тока  $I$  (1) и напряжения  $U$  (2) при сушке пропитанной древесины в поле импульсного газового разряда ( $U = 5$  кВ/дел.; длительность импульса (горизонтальная ось)  $t = 1$  мкс/дел.): а – в –  $I = 1,50$  А/дел.; з, д –  $0,75$ ; е –  $0,50$  А/дел.; а –  $W = 100 \dots 120 \%$ ; б –  $80 \dots 100$ ; в –  $60 \dots 80$ ; з –  $50 \dots 60$ ; д –  $40 \dots 50$ ; е –  $30 \dots 40 \%$

Рис. 4. Зависимость влажности древесины от продолжительности сушки при различной толщине  $\delta$  образцов (давление в камере  $0,02$  МПа; длительность импульса  $0,2$  мкс): 1 –  $\delta = 150$  мм; 2 –  $90$ ; 3 –  $40$  мм



древесины при ее сушке включаются процессы, связанные с воздействием емкостных токов, ВЧ поля, а также микрозарядов в порах древесины.

Использование газового разряда наиболее эффективно при сушке толстых пиломатериалов. На рис. 4 представлены графики изменения влажности во времени, согласно которым продолжительность сушки образцов различной толщины отличается незначительно.

Для определения влияния газового разряда на показатели физико-механических свойств древесины были проведены сравнительные эксперименты по ГОСТ 16483.9–72 и ГОСТ 16483.10–72 с древесиной, высушенной в поле газового разряда и естественных условиях. При этом определяли предел прочности при сжа-

тии вдоль волокон и модуль упругости при статическом изгибе поперек волокон. Было установлено, что изменение этих величин находится в пределах ошибки эксперимента.

Таким образом, результаты наших исследований показали перспективность использования газового разряда для сушки древесины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкин В.П., Громыко В.Н.* Повышение эффективности использования микроволновой энергии разных рабочих частот для сушки пиломатериалов // *Деревообаб. пром-сть.* – 1997. – № 4. – С. 20–21.
2. *Онегин В.И., Чубинский А.Н.* Стратегические направления развития деревообрабатывающей промышленности России // *Деревообаб. пром-сть.* – 2000. – № 5. – С. 2–5.
3. *Шубин С.Г.* Об интенсификации процессов сушки древесины // *Строение, свойства и качество древесины–2000: Материалы III Международного симпозиума, 11–14 сент. 2000 г.* – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. – С. 299–301.

Томский политехнический  
университет (НИИ высоких напряжений)

*F.G. Sekisov, O.V. Smerdov*

#### **On Possibility of Drying Impregnated Wood in Gas Discharge Field**

The results of experimental study of drying impregnated wood in the gas discharge field are presented.

---



## ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630\*902

*Н.Н. Чернов***К 170-ЛЕТИЮ ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА УРАЛЕ**

Зарождение лесного образования на Урале относится к 1829 г., когда в Екатеринбурге была открыта первая лесная школа. Основателем ее стал старший лесничий Екатеринбургского горного округа (впоследствии главный лесничий Уральских горных заводов) И.И. Шульц. Школа занималась подготовкой специалистов по посеву леса в связи с острой потребностью в лесовосстановительных работах в истощенных заводских лесных дачах. Каждый из шести казенных горных округов (Екатеринбургский, Гороблагодатский, Богословский, Златоустовский, Камско-Воткинский и Пермский) ежегодно должен был направлять двух мальчиков для обучения технике посева ручной сеялкой, изобретенной И.И. Шульцем. Своих людей присылали и многие частные заводы. В 1831 г. по три человека направили Нижне-Тагильский и Ревдинский заводы Демидовых и Алапаевский С. Яковлева по два человека – Невьянский и Верх-Исетский С. Яковлева, Чермозский Лазаревых, Нытвенский кн. Голицына, Верхне-Туринский гр. Полье и Верхне-Туринское село. В 1831–1833 гг. в школе обучалось ежегодно по 20 чел.

Школа И.И. Шульца просуществовала несколько лет. Подготовка специалистов и внедрение сеялки Шульца для посева местами вместо распространенного в то время в России сплошного позволили многократно снизить расход семян (с 20–30 до 1–1,5 фунта семян на 1 десятину) и организовать посевы леса в производственных масштабах. Общая площадь посевов леса в заводских лесах Урала за 30 лет достигла 15,8 тыс. га. Активная деятельность И.И. Шульца, направленная на восстановление уральских лесов, представляет собой одну из ярких страниц в истории отечественного лесоводства.

В Оренбургском казачьем войске была организована школа, которая готовила специалистов для восстановления лесов, вырубленных при строительстве укреплений Оренбургского и Уральского казачьих войск. Она была открыта в Оренбурге в 1836 г. по распоряжению военного губернатора В.А. Перовского и просуществовала до 1867 г. Для преподавания приглашались ученые Дерптского университета.

Леса Оренбургской пограничной линии восстанавливались посадкой «колярами осокоревыми, ветловыми, тополевыми». С 1834 г. по 1841 г. по-

сажено 249 тыс. черенков, из них прижились 26,6 тыс.; в 1848–1858 гг. посажено 641 тыс. черенков (прижились 426 тыс.) и посеяно 39 десятин леса. Преподаватель школы Элерт опубликовал в 1843 г. в «Лесном журнале» основанные на собственных наблюдениях рекомендации по разведению лесов в условиях степей Оренбуржья, не утратившие своей актуальности до настоящего времени.

Непосредственное отношение к Уралу имеет Школа земледелия, горных и лесных наук, организованная в 1824 г. в С.-Петербурге Строгановыми, все ее выпускники направлялись на работу в Пермское майоратное имение. С 1839 г. А.Е. Теплоухов преподавал лесные науки в этой школе до ее закрытия наследниками С.В. Строгановой в 1847 г., когда все остальные выпускники школы выехали на Урал. А.Е. Теплоухов силами выпускников школы выполнил, начиная с 1842 г., устройство лесов Пермского имения на площади свыше 500 тыс. десятин по саксонской методике проф. Котты, усвоенной А.Е. Теплоуховым во время обучения в Тарандтской лесной академии. На этой огромной территории А.Е. Теплоухов организовал образцовое лесное хозяйство, не имевшее прецедента в России того времени.

Сын А.Е. Теплоухова Федор Александрович, выпускник Тарандтской и Петровской академий, кандидат лесоводства, после назначения в 1875 г. главным лесничим имения организовал лесную школу в с. Ильинском Пермской области, где находилось управление имением Строгановых. Школа просуществовала три года. Ученики А.Е. и Ф.А. Теплоуховых не только внесли большой вклад в организацию практического лесного хозяйства, но и опубликовали в специальной литературе целый ряд аналитических статей (Н.Г. Агеев, П.В. Сюзев, Н.Н. Глушков) по лесному хозяйству. П.В. Сюзев в советское время работал профессором Пермского университета, а Н.Н. Глушков первым из уральцев в 1943 г. защитил кандидатскую диссертацию по использованию лесных ресурсов Урала в военный период.

В 1896 г. на Урале были созданы лесные школы для подготовки специалистов лесного хозяйства в системе Лесного департамента. В Уфимской губернии это были Мензелинская, в Пермской – Талицкая, в Тобольской – Курганская лесные школы, преобразованные в советское время в лесные техникумы.

Высшее лесное образование было организовано в Екатеринбургском горном институте в 1916–1919 гг., где по совместительству вел занятия проф. В.Ф. Овсянников – заведующий Талицкой лесной школой. Позднее он работал профессором Дальневосточного и Поволжского лесных институтов.

При создании Уральского государственного университета в Екатеринбурге в 1920 г. в его состав вошел Горный институт; среди вновь образованных 11 факультетов находился и лесной, где на I и II курсах обучались 104 студента. В 1923 г. в связи с реорганизацией университета выделился Уральский политехнический институт, в его составе лесной факультет был преобразован в лесное отделение химико-металлургического факультета, а позднее – в лесопромышленный.

В 1930 г. на базе лесопромышленного факультета УПИ организован Уральский лесотехнический институт. Среди организаторов института были и лесоводы – проф. В.И. Переход, проф. Ф.Ф. Симон, В.С. Голутвин.

В 1941 г. на Урал эвакуировали Ленинградскую лесотехническую академию и Белорусский лесотехнический институт. Были организованы кафедры ботаники и дендрологии, лесоводства, лесной таксации, экономики лесного хозяйства и лесной промышленности, которые возглавили видные ученые нашей страны акад. В.Н. Сукачев, профессора М.Е. Ткаченко, В.К. Захаров, С.А. Богословский. В составе лесотехнического института создан лесохозяйственный факультет, ставший кузницей кадров лесного хозяйства на Урале. Лесные науки здесь в разные годы преподавали высококвалифицированные специалисты, доктора наук, профессора П.Л. Горчаковский, Н.А. Коновалов, М.В. Колпиков, Г.А. Харитонов, А.В. Хохрин, Л.С. Мочалкин, М.И. Гальперин, Д.А. Беленков, Н.А. Луганский, А.С. Чиндяев, С.А. Шавнин, А.С. Аткин, В.А. Усольцев.

Подготовка специалистов лесного хозяйства была налажена в Башкирском и Пермском сельскохозяйственных институтах. Некоторые преподаватели Башкирского СХИ стали видными учеными, докторами наук, профессорами: М.И. Гальперин – заведующим кафедрой лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета, С.Н. Козьяков – профессором Киевской сельскохозяйственной академии, А.Ф. Хайретдинов – заведующим кафедрой лесоводства Башкирского аграрного университета.

В 1930-е гг. был налажен выпуск специалистов лесного хозяйства и агролесомелиорации для нужд сельского хозяйства в Пермском СХИ, где кафедрой лесоводства возглавлял до 1964 г. Э.И. Адамович.

Современный этап лесохозяйственного образования на Урале характеризуется расширением его географии (вновь открыты лесохозяйственные факультеты в Ижевске и Оренбурге), введением новых специальностей и увеличением приема студентов, внедрением вычислительных средств в учебный процесс. Вместе с тем повышение качества подготовки специалистов лесного хозяйства и привлечение их на работу по специальности остаются актуальными проблемами, на решение которых направляются усилия работников уральского лесного образования.

Уральский государственный  
лесотехнический университет

*N.N. Chernov*

**To 170th-Anniversary of Forest Education in the Urals**

---