

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

3

2007

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**

Заместители главного редактора:

проф. **А.Л. Невзоров**, проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **Р.Н. Матвеева**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолева**, проф. **Е.Н. Наквасина**, доц. **О.А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **А.В. Селиховкин**, проф. **В.А. Суслев**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Ю.А. Ширнин**, проф. **А.И. Чернодубов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры РФ **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» № 3

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

Сдан в набор 05.04.2007. Подписан в печать 18.06.2007. Заказ № 139
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,97. Усл. кр.-отг. 13,97.
Уч.-изд. л. 16,81. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,
тел./факс: (818-2) 28-76-18, тел. 21-89-01
e-mail: forest@agtu.ru http://www.lesnoizhurnal.ru

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Е.В. Бажина, П.И. Аминев.* Особенности семеношения и морфология побегов деревьев пихты сибирской, пораженных ржавчинным раком..... 7
- О.В. Толкач, С.Л. Соколов, А. Шнайдер.* Реакция годичного радиального прироста на внешние условия в зависимости от степени толерантности березовых древостоев..... 14
- В.В. Корovin, Н.В. Мальиукова, Р.В. Щекалев.* Рост средневозрастных и приспевающих сосновых древостоев на территории водосбора Горьковского водохранилища..... 21
- Ю.Е. Михайлов.* Популяционные адаптации жуков-листоедов в горных лесах Рудного Алтая..... 29
- Ю.Т. Цай, В.М. Груманс.* Определение оптимального суточного рациона питания лесных пожарных..... 36
- А.Ю. Кулагин, А.Н. Давыдычев.* Особенности роста пихты сибирской на начальных этапах онтогенеза в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато..... 43
- Е.В. Колтунов.* Факторы дефолиации кроны березы повислой в лесостепи Зауралья в условиях антропогенного воздействия..... 50

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- С.И. Морозов, М.В. Попов.* Теоретические основы расследования дорожно-транспортных происшествий..... 59
- О.Г. Климов, Е.В. Дороничева.* Концентрация загрязняющих веществ, выбрасываемых лесопромышленными тракторами..... 66
- А.И. Павлов, Ю.А. Ширнин.* Исследование динамики гидропривода сучкорезной машины..... 71
- Ф.А. Павлов, В.В. Казанцев, М.А. Мясоедов.* Разработка норм расхода дизельного топлива на пробег лесовозного автопоезда..... 75

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- В.А. Кацадзе, Д.В. Виноградов.* Объемная пропитка древесины центробежным способом..... 82
- Д.В. Иванов, С.В. Буров.* Об обеспечении лесопильных предприятий пиловочным сырьем..... 86
- С.П. Агеев.* Энергетическая характеристика электропривода механизма окорки роторного окорочного станка..... 93
- А.М. Буглаев.* Мобильное деревообрабатывающее оборудование для обработки тонкомерной древесины..... 100
- И.В. Мильченко.* Шероховатость пиломатериалов рамной распиловки..... 105

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Я.В. Казаков, С.В. Зеленова, В.И. Комаров.* Влияние неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнров..... 110

<i>Ф.Х. Хакимова.</i> Особенности бисульфитной делигнификации молодой и спелой древесины ели.....	121
<i>М.А. Холмова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев.</i> Влияние соотношения свободно отделяемых и принудительно разделяемых волокон на свойства сульфатной хвойной ЦВВ.....	128
<i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i>	
<i>И.Р. Шегельман, М.Н. Рудаков.</i> Бюджетная эффективность лесопромышленного комплекса Карелии: проблемы и перспективы.....	134
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>Н.М. Петухова.</i> Архитектурный комплекс железной дороги Вологда–Архангельск.....	138
<i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>	
<i>А.И. Рыбалкин.</i> Сведения о лесах Российской империи.....	145



CONTENTS

FORESTRY

<i>E.V. Bazhina, P.A. Aminev.</i> Peculiarities of Seed Productivity and Shoot Morphology of Fir Trees Affected by <i>Melampsorella Cerastii</i> Wint.....	7
<i>O.V. Tolkach, S.L. Sokolov, A. Shnider.</i> Response of Annual Radial Increment to Environment Depending on Degree of Birch Stands Tolerance.....	14
<i>V.V. Korovin, N.V. Malshchukova, R.V. Shehekalev.</i> Growth of Middle-aged and Ripening Pine Stands on Water-collection Area of Gorky Water-storage Reservoir.....	21
<i>Yu.E. Mikhajlov.</i> Population Adaptations of Gold-beetles in Mountain Forests of Ore Altay.....	29
<i>Yu.T. Tsai, V.M. Grumans.</i> Determination of Optimal Daily Food Allowance for Forest Firemen.....	36
<i>A.Yu. Kulagin, A.N. Davydychev.</i> Peculiarities of Fir Trees Growth at Initial Ontogenesis Stages in Broad-leaved-coniferous Forests of Ufa Upland.....	43
<i>E.V. Koltunov.</i> Defoliation Factors of Birch Crown in Forest-steppe of Zauralje in Conditions of Anthropogenic Impact.....	50

WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov, M. V. Popov.</i> Theoretical Bases of Investigation of Traffic Accidents.....	59
<i>O.G. Klimov, E.V. Dronicheva.</i> Concentration of Contaminants Released by Forest Tractors.....	66
<i>A.I. Pavlov, Yu.A. Shirnin.</i> Investigation of Dynamic Hydraulic Drive of Delimber.....	71
<i>F.A. Pavlov, [V.V. Kazantsev], M.A. Myasoedov.</i> Development of Consumption Rate of Diesel Oil for Run of Logging Trailer Unit.....	75

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.A. Katsadze, D.V. Vinogradov.</i> Volume Impregnation of Wood by Centrifugal Method.....	82
<i>D.V. Ivanov, S.V. Burov.</i> On Supplying Sawmills with Sawlogs.....	86
<i>S.P. Ageev.</i> Energy Characteristic of Electric Drive of Barking Mechanism of Rotor Debarking Machine.....	93
<i>A.M. Buglaev.</i> Mobile Woodworking Equipment for Processing of Small-dimension Wood.....	100
<i>I.V. Milchenko.</i> Roughness of Timber Sawn by Frame-saw.....	105

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>Ya.V. Kazakov, S.V. Zelenova, V.I. Komarov.</i> Influence of Structural Nonuniformity on Stiffness Characteristics of Linerboard.....	110
<i>F.Kh. Khakimova.</i> Characteristics of Bisulfite Delignification of Young and Mature Spruce Timber.....	121

<i>M.A. Kholmova, V.I. Komarov, A.V. Gurjev.</i> Influence of Ratio of Freely Separated Fiber and Forcibly Separable Fiber on Characteristics of Sulphate Softwood Pulp of High Yield.....	128
--	-----

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>I.R. Shegelman, M.N. Rudakov.</i> Budget Efficiency of Forest-industrial Complex of Karelia: Problems and Prospects.....	134
---	-----

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>N.M. Petukhova.</i> Architectural Complex of Vologda-Arkhangelsk Railroad	138
--	-----

HISTORY OF SCIENCE

<i>A.I. Rybalkin.</i> Report on Forests of Russian Empire.....	145
--	-----



УДК 581.5:582.475.2:[632.2.23+632.2.27]

Е.В. Бажина, П.И. Аминев

Бажина Елена Васильевна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. Сибирский технологический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесной генетики и селекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, доцент кафедры экологии и защиты леса Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 80 печатных работ в области половой репродукции пихты сибирской.



Аминев Павел Иванович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Сибирский технологический институт, кандидат биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Сибирского государственного технологического университета. Имеет 100 печатных работ по проблемам защиты растений и изучению микозов хвойных пород Сибири.



ОСОБЕННОСТИ СЕМЕНОШЕНИЯ И МОРФОЛОГИЯ ПОБЕГОВ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ, ПОРАЖЕННЫХ РЖАВЧИНЫМ РАКОМ*

Исследована распространенность ржавчинного рака в среднегорье Восточного Саяна, метамерная изменчивость побегов и особенности семеношения деревьев пихты сибирской, пораженных ржавчинным раком. Отмечена тенденция к уменьшению биометрических показателей побегов и хвои, снижению семенной продуктивности макростробилов у пораженных деревьев.

Ключевые слова: пихта, ржавчинный рак, морфология побегов и хвои, семенная продуктивность макростробилов, качество семян.

Пихтовые леса занимают около 12,8 млн га, а запас древесины составляет 2,1 млрд м³ [10]. Особое значение имеют горные пихтовые леса, выполняющие важные природозащитные и климаторегулирующие функции [8]. Между тем пихта сибирская (*Abies sibirica* Ldb.) оказалась крайне неустойчивой к воздействию неблагоприятных факторов абиотического и био-

* Работа выполнена при финансовой поддержке ККФН-РФФИ, грант № 07-04-96810, и Красноярского краевого фонда науки, грант 12F0023С.

тического характера [1, 2]. Одним из факторов, повреждающих деревья пихты сибирской, является ржавчинный рак, вызываемый ржавчинным грибом *Melampsorella cerastii* Wint. [1, 4, 10]. Болезнь непосредственно не угрожает гибелью деревьям, но заметно снижает их механическую устойчивость, а при наличии опухолей уменьшается и прирост по высоте (в среднем на 12 %) [10]. Раковые язвы вызывают заселение деревьев дереворазрушающими грибами *Phellinus hartigii* (Alb. Et Schnab.) Bond и *Fomitopsis pinicola* (Sw. ex Fr.) Karst. При этом деформируются кроны (увеличивается угол отхождения веток от ствола, усыхают побеги), что, однако, не сказывается на общей урожайности шишек [9]. Цель наших исследований заключалась в изучении распространенности ржавчинного рака в среднегорье Восточного Саяна, а также его влияния на морфологию побегов, хвои и семеношение деревьев пихты сибирской.

Исследования проводили в 2001 и 2002 гг. на территории заповедника «Столбы»*. Объектами изучения служили здоровые и пораженные ржавчинным раком деревья пихты сибирской. Были заложены четыре пробные площади: № 1 и 2 на высоте 440 ... 520 м над ур. м. (долины р. Лалетина и Б. Сынжул), № 3 и 4 – на высоте 630 ... 680 м над ур. м. (верховья р. Калтат, юго-западный и северо-западный склоны). Состояние деревьев определяли по визуальным признакам (наличие «ведьминых метел», раковых язв и опухолей). По размерам «ведьмины метлы» классифицировали на следующие категории: мелкие – до 20 см в диаметре, средние – 20 ... 50 см, крупные – более 50 см. Для оценки влияния ржавчинного рака на пихту сибирскую на каждой пробной площади с 30 здоровых и пораженных деревьев возраста 100 ... 160 лет собирали шишки и по 25 ... 30 побегов разной сексуализации (женские, мужские и вегетативные) последних 5 ... 10 лет. Морфологические параметры анализировали по следующим показателям: длине, диаметру, охвоенности побегов, длине, толщине и массе воздушно-сухой хвои. Семеношение оценивали по семенной продуктивности макростробилов и качеству семян [6, 12]. Статистическую обработку проводили при помощи пакета анализа Microsoft Excel 2000, достоверность различий оценивали через критерий λ , основанный на сравнении накопленных частот распределений [11].

Распространенность и локализация ржавчинного рака. Распространенность рака пихты на обследованной территории довольно высока и варьирует от 21,4 до 71,4 % на разных пробных площадях (табл. 1). При этом чаще встречаются крупные и средние «ведьмины метлы», что свидетельствует о длительном периоде поражения деревьев. Максимальная степень поражения раком отмечена на пробе № 2 (долина р. Сынжул), которая располагается на северо-восточной границе заповедника и г. Красноярска. Можно предположить, что деревья здесь ослаблены из-за повышенного

* Авторы выражают благодарность директору заповедника «Столбы» А.В. Кнорре за возможность исследований на территории заповедника.

Таблица 1

**Распространенность ржавчинного рака пихты сибирской
на пробных площадях**

№ пробной площади	Тип леса, состав древостоя	Характеристика деревьев			Процент пораженных раком деревьев		Распределение «ведьминых метел» по размерам, %		
		Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на 1,3 м, см	с опухольями	с «ведьмиными метлами»	Мелкие	Средние	Крупные
1	Пихтарник разнотравный с примесью пихты, 5П1Л1Е2Б1Ос	149,0±22,6	16,0±1,1	29,0±1,9	14,2	7,2	25,5	28,6	45,9
2	Пихтарник крупнотравный, 8П1С1Е+Б	147,0±3,4	19,0±1,2	30,0±1,9	21,2	50,2	25,4	22,2	52,4
3	Пихтарник разнотравно-зеленомошно-вейниковый, 9П1Б+К,Е	145,0±2,9	19,0±1,2	29,0±1,4	17,3	13,6	20,0	50,0	30,0
4	Пихтарник разнотравно-вейниковый, 9П1Б+К,Е	149,0±22,6	16,0±1,1	29,0±1,9	16,2	15,2	33,3	45,8	20,8

Таблица 2

Характер расположения «ведьминых метел» и раковых опухолей

№ пробной площади	Распределение опухолей по стволу, %				Локализация «ведьминых метел» по частям кроны, %		
	в нижней части	в средней части	в верхней части	по всему стволу	нижней	средней	верхней
1	41,9	1,1	36,6	20,4	41,2	39,7	19,1
2	80,3	15,5	–	4,2	44,4	30,6	25,0
3	75,6	2,0	10,2	12,2	12,5	60,0	27,5
4	82,4	8,8	5,9	2,9	12,5	37,5	50,0

загрязнения атмосферы [3]. Известно, что низкие дозы поллютантов стимулируют рост ржавчинных грибов [13]. У пораженных деревьев сохраняется специфичная для пихты сибирской структура кроны [6], и только в случае крайне высокой степени поражения (более 8 «ведьминых метел» на дерево) плагиотропизм ветвей меняется на положительный геотропизм. Как правило, раковые опухоли локализуются в нижней части ствола дерева, а «ведьмины метлы» – в нижней и средней частях кроны (табл. 2). Вместе с тем у

значительного числа деревьев опухоли образовывались в верхней части ствола, в генеративном ярусе, либо распределялись по нему равномерно, что, возможно, отрицательно влияет на семеношение и продуктивность.

Сведения о распространенности ржавчинного рака у пихты сибирской довольно противоречивы. В равнинных лесах, в различных лесорастительных условиях, она не превышает 8 % [10]. В лесах Западного Саяна с увеличением высоты над уровнем моря зараженность раком возрастает до 50 % [5]. Автор объясняет это разреженностью полога и биологией ржавчинного гриба, возможно, требующего резкой смены температур для образования эцидоспор. Представленные выше данные свидетельствуют о широкой распространенности заболевания в горах Восточного Саяна, что подтверждает мнение В.А. Алексева [1] о его эпифитотии.

Морфология побегов и хвои*. Исследования показали, что поражение деревьев пихты ржавчинным раком отрицательно влияет на прирост побегов и хвои генеративной сферы (рис. 1, 2). У больных деревьев

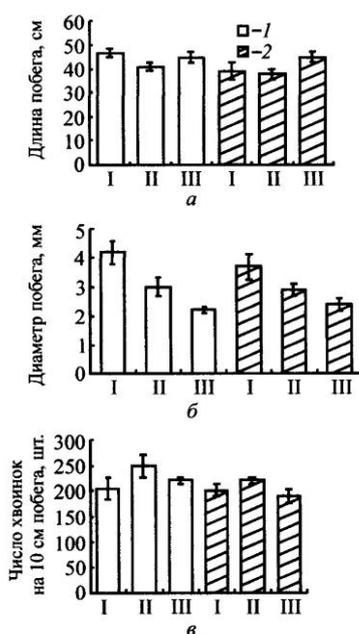


Рис. 1. Морфологические характеристики побегов деревьев пихты сибирской различного состояния: I – побеги женской; II – мужской сексуализации; III – вегетативные побеги; 1 – здоровые деревья; 2 – больные деревья

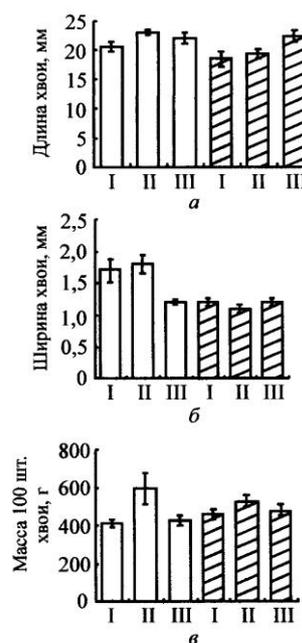


Рис. 2. Характеристики хвои деревьев пихты сибирской различного состояния (обозначения см. на рис. 1)

* На биометрические характеристики побегов, хвои и макростробиллов пихты сибирской сильное влияние оказывает абсолютная высота произрастания древостоев. Для исключения влияния этого фактора ниже представлены данные, полученные в сходных лесорастительных условиях, на п/п № 1 и 2.

Таблица 3

Семенная продуктивность макростробилов здоровых и больных раком деревьев пихты сибирской

Год	Состояние деревьев	Размеры шишек, мм		Число семенных чешуй, шт.		Число семян, шт.		Процент семян	
		Длина	Ширина	всего	развитых	всего	развитых	всего	развитых
2001	Здоровые	79,0±6,0	26,0±1,0	182,0±17,0	157,0±15,5	315,0±31,0	271,0±24,1	86,0±0,5	75,0±0,5
	Больные	68,0±3,1	24,0±0,8	156,0±6,1	130,0±5,7	258,0±11,6	221,0±10,3	82,0±0,9	70,0±1,1
2002	Здоровые	65,0±1,2	20,0±0,4	177,0±3,4	149,0±3,5	299,0±13,7	248,0±16,7	83,0±4,3	70,0±5,1
	Больные	60,0±1,8	19,0±0,5	150,0±6,8	126,0±6,2	264,0±14,4	219,0±12,5	63,0±11,0	53,0±9,2
Критерий λ		2,52	0,32	7,18	7,18	13,18	11,59	0,64	0,01
Доля влияния деревьев, %		13,1	Различия недостоверны	20,2	23,3	14,7	11,0	Различия недостоверны	
Уровень значимости, %		0,05		0,01	0,01	0,05	0,05		

достоверно уменьшались масса хвои и охвоенность генеративных побегов. Значения критерия λ составляли 2,12; 1,45; 3,54 и 6,95 для массы хвои, охвоенности мужских, вегетативных и женских побегов соответственно. Наблюдалась также тенденция к снижению линейного прироста побегов и хвои генеративных ярусов (на 1,2 ... 38,9 % по разным показателям), тогда как показатели вегетативных побегов практически не изменялись.

Особенности семеношения деревьев пихты сибирской, пораженных ржавчинным раком. Для пихты сибирской характерно ее устойчивое семеношение. Даже в неурожайные годы на некоторых деревьях есть шишки. Урожай в лесных экосистемах заповедника «Столбы» варьируют в большей степени по годам, чем в зависимости от условий произрастания. В урожайные годы число шишек на дереве может превышать 150. В 2001–2002 гг. независимо от условий произрастания и абсолютной высоты местности число шишек колебалось от 10 до 25 ... 30 шт. на дереве.

Исследования показали, что поражение ржавчинным раком негативно влияет на семенную продуктивность макростробилов пихты сибирской. У деревьев, имеющих видимые признаки повреждения, снижаются линейные параметры женских шишек (табл. 3). Значительно уменьшаются такие характеристики, как длина макростробилов (на 7,7 ... 13,9 % в разные годы), число семенных чешуй (на 14,3 ... 17,0 %), число семян (на 11,7 ... 18,5 %). Сравнение частот распределений

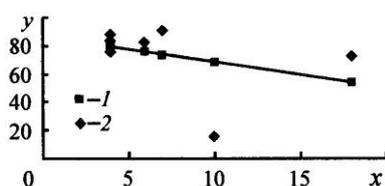


Рис. 3. Регрессия между семенной продуктивностью макростробилов (y) и степенью поражения деревьев ржавчинным раком (x) (оценивалась по количеству «ведьминых метел» и опухолей): $y = -1,7824x + 86,22$; 1 – предсказанные; 2 – фактические данные

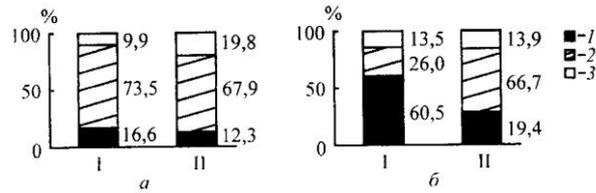


Рис. 4. Распределение семян деревьев пихты сибирской различного состояния в 2001 г. (а) и 2002 г. (б) по категориям качества: I – больные деревья; II – здоровые; 1 – полнозернистые семена; 2 – поврежденные конобионтами; 3 – пустые и без зародыша

при помощи критерия λ показало, что различия достоверны при $P_{0,95-0,99}$. Регрессионный анализ выявил достоверное, хотя и слабое, влияние состояния деревьев на показатели структуры урожая макростробилов (рис. 3), семенная продуктивность которых уменьшалась на 4,7 ... 24,3 % в разные годы.

Исследованиями установлено, что качество семян пихты сибирской, как правило, низкое как у пораженных, так и у здоровых деревьев (рис. 4). Анализ семян по категориям стерильности показал, что большая их часть повреждается энтомофагами. Интересно отметить, что в 2002 г. резко (почти в три раза) увеличилась доля полнозернистых семян у здоровых деревьев.

Влияние паразитных грибов простирается на все жизненные функции больного растения [4, 14]. Патологически изменяются активность фотосинтеза и диссимиляции, нарушается нормальный водный режим и общая координация работы ферментного аппарата, содержание фитогормонов и т. д. В результате снижается продуктивность больного растения.

Процессы формирования семян и особенности семеношения пихты зависят от комплекса факторов: лесорастительных и погодноклиматических условий, урожая предшествующего года, статуса дерева [7]. В последние десятилетия в горах Южной Сибири наблюдается нарушение гомеостаза лесных экосистем под влиянием антропогенных факторов [2, 8]. Значительная распространенность ржавчинного рака на фоне стрессовых условий, которые сложились в среднегорье Восточного Саяна, несомненно, затрудняет лесовосстановительный процесс пихты сибирской.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.А. Ржавчинный рак пихты сибирской. Описание заболевания и методические рекомендации по его полевой диагностике и учету [Текст] / В.А. Алексеев. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. – 31с.
2. Бажина, Е.В. К проблеме усыхания пихтовых лесов [Текст] / Е.В. Бажина, И.Н. Третьякова // Успехи современной биологии – 2001. – Т. 121, № 6. – С. 626–631.

3. Коловский, Р.А. Биоиндикация в заповеднике «Столбы»: оценка и прогноз [Текст] / Р.А. Коловский, М.А. Бучельников // Тр. гос. заповедника «Столбы». – Красноярск, 2001. – Вып. 17. – С. 226–244.

4. Купревич, В.Ф. Физиология больного растения [Текст] / В.Ф. Купревич. – Л.: Изд-во АН СССР, 1947. – 300 с.

5. Лебкова, Г.Н. *Melampsorella cerastii* Winter на пихте сибирской в Западном Саяне [Текст] / Г.Н. Лебкова // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Ч. 1. – Новосибирск: Наука, 1970. – С. 175–178.

6. Минина, Е.Г. Геотропизм и проявление пола у хвойных [Текст] / Е.Г. Минина, И.Н. Третьякова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – 198 с.

7. Некрасова, Т.П. Плодоношение пихты сибирской [Текст] / Т.П. Некрасова, А.П. Рябинков. – Новосибирск, 1978. – 150 с.

8. Поликарпов, Н.П. Климат и горные леса Южной Сибири [Текст] / Н.П. Поликарпов, Н.М. Чебакова, Д.И. Назимова. – Новосибирск: Наука, 1986. – 226 с.

9. Третьякова, И.Н. Морфоструктура кроны и урожайность пихты сибирской, поврежденной трутовиком Гартига и «ведьминой метлой» [Текст] / И.Н. Третьякова, Д.А. Косинов // Лесоведение. – 2003. – № 5. – С. 65–68.

10. Фалалеев, Э.Н. Пихта [Текст] / Э.Н. Фалалеев. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 85 с.

11. Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике [Текст]: учеб. пособие / В.М. Шмидт. – Л.: Ленингр. ун-т, 1984. – 288 с.

12. Щербакова, М.А. Определение качества семян хвойных пород рентгенографическим методом [Текст] / М.А. Щербакова. – Красноярск, 1965. – 35 с.

13. Gryzywacz, A. The impact of industrial air pollutants on the occurrence of several important pathogenic fungi of forest trees in Poland [Text] / A. Gryzywacz, J. Wazny // Eur. J. For. Path. – 1973. – Vol. 3. – P. 129–141.

14. Engesser, R. Nicht alle Weisstannen washsen in den Himmel [Text] / R. Engesser, B. Forster, O. Odematt // Wald und Holz. – 2000. – Vol. 81, N 4. – С. 51–54.

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 12.01.05

E. V. Bazhina, P. A. Aminev

Peculiarities of Seed Productivity and Shoot Morphology of Fir Trees Affected by *Melampsorella Cerastii* Wint

The occurrence of *Melampsorella Cerastii* Wint in Eastern Sayan mountains, metameric shoots variability and peculiarities of seed productivity are studied for *Abies sibirica* Ldb. affected by *Melampsorella cerastii* Wint. The tendency of decreasing the biometrical parameters of shoots and needles, reduction of seed productivity of macrostrobiles is marked.

УДК630*181:630*41

О.В. Толкач, С.Л. Соколов, А. Шнайдер

Толкач Ольга Владимировна родилась в 1955 г., окончила в 1978 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лесного отдела Ботанического сада УрО РАН. Имеет более 60 публикаций в области лесоведения и лесоводства.



Соколов Сергей Леонидович родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Уральский лесотехнический институт, главный лесничий Свердловского лесхоза. Имеет 3 публикации в области охраны и защиты леса.



РЕАКЦИЯ ГОДИЧНОГО РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА НА ВНЕШНИЕ УСЛОВИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ТОЛЕРАНТНОСТИ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Рассмотрена связь толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации ЛОК в зависимости от динамики годичного радиального прироста.

Ключевые слова: годичный радиальный прирост, толерантность, резистентность.

Оценка потенциальной устойчивости насаждений к насекомым-вредителям является в настоящее время одной из основных задач, стоящих перед службами защиты леса. В 1999–2000 гг. в Свердловской, Челябинской, Курганской областях была отмечена широкомасштабная вспышка летне-осеннего комплекса листогрызущих насекомых (ЛОК). По данным станций защиты леса ГУПР, сплошная (100 %) и высокая (более 75 %) дефолиация отмечалась в 1999 г. на площади 106264, в 2000 г. – 170480 га. Известно, что после дефолиации деревьев ЛОК в обычные сроки (последняя декада августа – начало сентября) усыхания древостоев не наблюдается [1]. Если деревья дефолированы в более ранние сроки (первая – вторая декады августа), отмечается частичное и диффузное усыхание [2]. В период изученной вспышки участки сплошной дефолиации появились в конце июля 2000 г., а к середине августа была дефолирована большая часть березовых древостоев. Наряду с этим, имелись участки насаждений, не подвергшихся дефолиации, или резистентных. Под резистентностью понимается невосприимчивость древостоев к энтомофактору, т.е. отсутствие дефолиации, несмотря на достаточное для нее количество насекомых в начальной стадии питающей фазы.

На следующий год наблюдалось диффузное, а на небольших площадях и сплошное усыхание древостоев, подвергшихся дефолиации. Причины различной реакции древостоев на дефолиацию насекомыми-филлофагами в

настоящее время до конца не установлены. В последние годы проведен ряд исследований [4, 8], указывающих на связь радиального прироста с толерантностью древостоев к дефолиации. Под толерантностью понимается отсутствие реакции деревьев на дефолиацию, выражающейся в усыхании кроны. Динамика годичного радиального прироста является интегральным показателем влияния на древостой метеоусловий и гидрологического режима условий произрастания [5]. Кроме того, этот показатель обусловлен генетически, так как в однородных и оптимальных условиях произрастания он сильно варьирует.

Цель наших исследований – установить связь степени толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации ЛОК с динамикой годичного радиального прироста.

По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова [3], район исследования представлен сосново-березовым предлесостепным округом (ППП 1, 2) Зауральской холмисто-предгорной провинции и северолесостепным (колочным) округом (ППП 3–6) Зауральской равнинной провинции; по зональному делению – лесной зоной (сосново-березовые леса) (ППП 1,2) и зоной северной лесостепи (ППП 3–6). Шесть постоянных пробных площадей заложены непосредственно после вспышки в 2001–2002 гг. По степени толерантности и резистентности к дефолиации ЛОК они распределились следующим образом: ППП 6 заложена в древостое, не подвергшемся дефолиации, т. е. резистентном; на ППП 5 после дефолиации усыхание не отмечалось, древостой оказался полностью толерантен к дефолиации; на остальных пробных площадях древостой состояли из толерантных и нетолерантных деревьев; на ППП 2 и 4 была однократная дефолиация, на ППП 1 и 3 – двукратная в 1999–2000 гг. Древостой на ППП 1–5 дефолированы приблизительно в одни сроки: конец июля – начало августа. Частичное усыхание кроны на ППП 1–4 составило в среднем 37 ... 54, диффузное – 4 ... 19 %. Пробные площади закладывали по общепринятой в таксации методике. Имея близкие таксационные характеристики (возраст 50 ... 60 лет; полнота 0,8 ... 0,9; класс бонитета II–III), они различаются по условиям произрастания и типам почв. В лесной зоне пробные площади (ППП 1, 2) приурочены к дерново-подзолистым слабоподзоленным почвам, в лесостепной – к двум вариантам серых почв: темно-серым (ППП 3, 4) и светло-серым (ППП 5, 6). Более высокая полевая влажность наблюдалась на ППП 2, 4. Расстояние между пробными площадями, расположенными в соседних провинциях (зонах), составляло 10 ... 20 км.

Для анализа радиального прироста отбирали керны с деревьев, в разной степени восстановившихся после дефолиации. К нетолерантным относили деревья с усыханием свыше 75, к толерантным – менее 25 %. Для нивелирования влияния условий произрастания подбирали деревья одной ступени толщины (20 ... 24 см). Керны обрабатывали с помощью МБС-10, точность измерений 0,05 мм при двукратном увеличении, данные приведены в единицах шкалы окуляр-микрометра, которые обозначены как условные единицы измерения (у. е.). Полученные результаты анализировали ста-

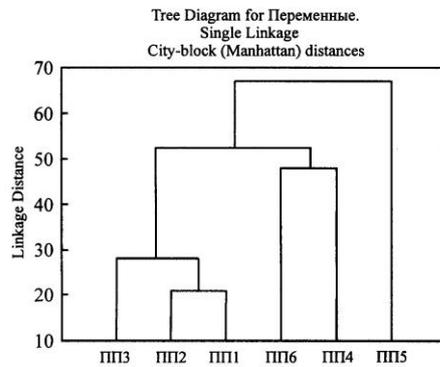


Рис. 1. Кластерный анализ средних значений годового радиального прироста на пробных площадях в 1984 – 1999 гг.

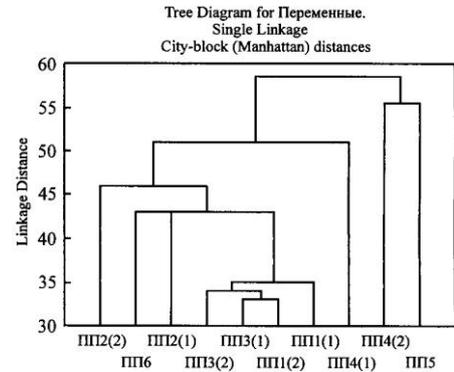


Рис. 2. Кластерный анализ средних значений годового радиального прироста в 1984 – 1999 гг. Цифрами 1 и 2 в скобках показаны соответственно усыхающие и неусыхающие после дефолиации деревья

статистическими методами (программа Statistica). По пробным площадям проведен кластерный анализ среднеарифметических значений годового прироста усыхающих и неусыхающих деревьев за 1984–1999 гг., корреляционный анализ динамики радиального прироста с метеоусловиями и рассчитаны высокочастотные колебания радиального прироста.

Поскольку пробные площади размещены в различных условиях произрастания, то в первую очередь представляло интерес выявить степень сходства показателей годового радиального прироста на них. Для этого выполнен кластерный анализ годовых радиальных приростов толерантных, резистентных и усыхающих после дефолиации деревьев (рис. 1). Наиболее тесная связь по радиальным приростам отмечена между ППП 1 и 2, относящимися к лесной зоне. Пробные площади из лесостепной и лесной зон существенно различаются, а толерантный древостой обособляется в отдельный кластер.

Согласно кластерному анализу динамики годового радиального прироста усыхающих и неусыхающих деревьев (рис. 2) наиболее тесная связь отмечается между ППП 1 и 3, где дефолиация была двукратной. В этом случае усыхающие деревья одной пробной площади группируются с неусыхающими (толерантными) из другой. Иными словами, в разных лесорастительных зонах деревья имеют разнонаправленную реакцию прироста, не соответствующую внешним факторам зоны произрастания, что, возможно, ведет к потере толерантности древостоя после дефолиации.

На различия в динамике годового радиального прироста может влиять видовое разнообразие и наличие гибридных форм березы. Нами сделана попытка установить связь постдефолиационного состояния деревьев

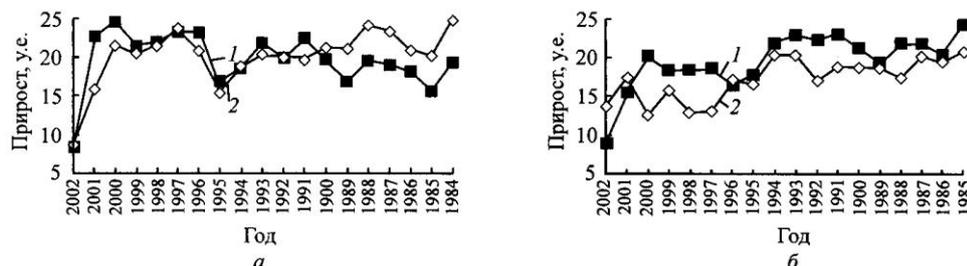


Рис. 3. Динамика средних значений годового радиального прироста усыхающих после дефолиации деревьев на пробных площадях 1 (а) и 2 (б): 1 – береза повислая; 2 – береза пушистая

березы с их видовой принадлежностью, однако четкие закономерности не выявлены. Например, на ППП 5, в березовом древостое, толерантном к дефолиации, соотношение березы повислой и пушистой составило соответственно 19 и 81%; на ППП 6, в древостое, резистентном к дефолиации, 58 и 42 %. На ППП 3 толерантные и нетолерантные деревья представлены березой повислой, а на ППП 4 преобладает береза пушистая. На ППП 1 в группе усыхающих деревьев не было достоверных различий в динамике годового радиального прироста между видами. На ППП 2 эти различия уже наблюдаются (рис. 3), что, скорее всего, связано с влиянием более высокой влажности почвы.

Из анализа данных табл. 1 следует, что в лесостепной зоне усыхают деревья с достоверно меньшим радиальным приростом. Толерантными к дефолиации оказались как деревья, так и в целом древостои (ППП 5) с большим радиальным приростом. Резистентный древостой (ППП 6) по среднему радиальному приросту не отличался от нерезистентных. В лесной зоне ситуация оказалась противоположной. Усыхают древостои с достоверно большим радиальным приростом (табл. 1).

Таблица 1

№ пробной площади	Средний радиальный прирост, у.е.	Число деревьев	Достоверность различий
1	$19,20 \pm 0,54$	28	0,0001
	$16,40 \pm 0,39$	21	
2	$19,80 \pm 0,50$	23	0,0000
	$14,30 \pm 0,45$	19	
3	$16,00 \pm 0,67$	8	0,0034
	$18,80 \pm 0,60$	13	
4	$19,30 \pm 0,68$	10	0,0002
	$23,50 \pm 0,91$	7	
5	$24,70 \pm 0,81$	10	0,0002
	$21,50 \pm 0,56$	20	

Примечание. В числителе значения для усыхающих деревьев; в знаменателе – для неусыхающих. На ППП5 деревья толерантные; на ППП6 – резистентные.

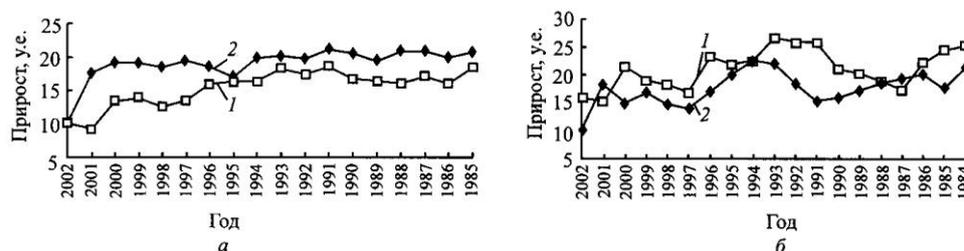


Рис. 4. Динамика средних значений радиальных приростов деревьев на пробных площадях в лесной (а) и лесостепной (б) зонах: 1 – толерантные; 2 – нетолерантные деревья

Графический анализ средних значений прироста усыхающих и неусыхающих деревьев в лесной и лесостепной зонах (рис. 4) показал, что если в лесной зоне у усыхающих деревьев наблюдался стабильно более высокий прирост, то в лесостепной динамика приростов усыхающих и неусыхающих деревьев сильно различалась. Наибольшее расхождение отмечено в периоды с высокими гидротермическими коэффициентами (ГТК) июня – июля (1990–1994 гг. и 1996–2000 гг.). Следовательно, в лесостепной зоне гидротермические условия имели большее значение для формирования радиального прироста, чем в лесной.

В связи с этим нами проанализирована корреляция радиального прироста и климатических условий. Уровень корреляции определяли в зависимости от степени толерантности деревьев березы к дефолиации ЛОК. На всех пробных площадях, где было усыхание, изучали, каким образом годичный радиальный прирост по группам толерантных и нетолерантных деревьев коррелирует со среднемесячными значениями осадков, температуры и ГТК Селянинова вегетационных периодов текущего и предшествовавшего сезонов в течение 14 лет до года дефолиации.

Анализ показал, что в лесной зоне радиальный прирост усыхающих деревьев коррелирует с условиями прошлого года, у неусыхающих не отмечается корреляция с ГТК и текущего, и предыдущего годов.

В лесостепи у дефолированных деревьев наблюдается реакция на климат и текущего, и прошлого годов. При этом у неусыхающих деревьев прослеживается корреляция с гидротермическими условиями этих лет, у усыхающих – только прошлого, у резистентного древостоя – только текущего года.

Наряду с исследованиями климатической зависимости для выявления показателя, определяющего устойчивость деревьев к дефолиации, нами проведен спектральный анализ динамики радиального прироста по методике В.Т. Суховольского и Н.В. Артемьевой [6]. Временной ряд данных о радиальном приросте для каждого дерева разделен на низкочастотные и высокочастотные составляющие. Для выделения низкочастотных составляющих использовали фильтр Ганна. Затем низкочастотную составляющую удаляли

Таблица 2

№ пробной площади	Высокочастотные колебания приростов, кол./год, для деревьев	
	толерантных	усыхающих
1	0,34	0,31
2	0,37	0,33
3	0,26	0,25
4	0,37	0,34
5	0,35	–

из спектра колебаний текущего радиального прироста и определяли высокочастотную составляющую у каждого дерева. Мы рассматриваем высокочастотную часть спектра колебаний радиального прироста как отклик организма на нестандартные внешние факторы (табл. 2).

Из таблицы следует, что на одних и тех же участках значения высокочастотных колебаний больше у толерантных и резистентных к дефолиации деревьев березы, меньше у усыхающих после дефолиации. А наибольший показатель частоты был у резистентного к дефолиации древостоя (0,39). Значит, толерантные и резистентные деревья по динамике годичного радиального прироста деревьев березы более чувствительны и бурно реагируют на изменения экзогенного фактора, усыхающие же их частично игнорируют.

Кроме того, если у толерантных деревьев реакция на дефолиацию на следующий год не отличалась от известных в литературе данных, т. е. радиальный прирост снижался, то у большинства нетолерантных радиальный прирост увеличился в лесостепной зоне и очень незначительно сократился в лесной (рис. 4). Такая парадоксальная реакция, насколько нам известно, в литературе не отмечалась. Одной из причин ее может быть наблюдаемый у нетолерантных деревьев эффект запаздывания отклика годичного радиального прироста на климатические условия, другой – более интенсивная транспирация воды усыхающими деревьями весной следующего года после дефолиации в связи с длительным периодом распускания и формирования листвы. При этом расход и так незначительного в связи с дефолиацией прошлого года запаса питательных веществ на построение водопроводящих путей может усиливать процесс усыхания. Высокую вероятность второй причины подтверждают следующие факты. В лесной зоне, где отмечено незначительное снижение радиального прироста после дефолиации, на ППП 2 (в более влажных условиях) у березы пушистой радиальный прирост увеличился, у бородавчатой снизился. На ППП 1 (в более сухих условиях) радиальный прирост уменьшился у обоих видов, причем у березы пушистой значительно сильнее (см. рис. 3). По данным Ю.А. Тершина [7], во влажных условиях значительно интенсивнее транспирирует береза пушистая, в сухих – бородавчатая.

Таким образом, динамика годичного радиального прироста усыхающих и толерантных деревьев различается. В лесостепной зоне усыхают деревья с меньшим радиальным приростом, в лесной – с большим. Рези-

стентный древостой по среднему радиальному приросту не отличался от других.

Полученные данные свидетельствуют о том, что радиальный прирост может быть использован как критерий устойчивости древостоев к дефолиации насекомыми-филлофагами, но только с учетом лесорастительных и зональных условий произрастания. На дефолированных площадях сходство в динамике радиального прироста у резистентных древостоев более заметно с толерантными деревьями, чем с нетолерантными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гниненко, Ю.И. Вспышки массового размножения лесных насекомых в Сибири и на Дальнем Востоке в последней четверти XX в. [Текст] / Ю.И. Гниненко // Лесохоз. информ. – 2003. – № 1. – С. 46–57.
2. Ильинский, А.И. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР [Текст] / А.И. Ильинский. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 525 с.
3. Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области [Текст] / Б.П. Колесников. – Свердловск, 1973. – 175 с.
4. Колтунов, Е.В. Ранговые параметры факторов устойчивости березовых лесов Урала к дефолиации листогрызущими насекомыми в условиях антропогенного воздействия [Текст] / Е.В. Колтунов, В.И. Пономарев, С.И. Федоренко // Технологические воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения: сб. науч. тр. – Екатеринбург, 1992. – С. 124–134.
5. Крамер, П. Физиология древесных растений [Текст] / П. Крамер, Т. Козловский. – М., 1963. – 563 с.
6. Суховольский, В.Т. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филлофагами [Текст] / В.Т. Суховольский, Н.В. Артемьева // Лесоведение. – 1992. – № 3. – С. 33–39.
7. Терешин, Ю.А. Факторы среды и транспирация древесных растений в молодых лесах Ильменского заповедника [Текст] / Ю.А. Терешин // Тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. – 1968. – Вып. 62. – С. 123–132.
8. Федоренко, С.И. Толерантность березовых древостоев северной лесостепи Зауралья к абиотическому и биотическому стрессу [Текст] / С.И. Федоренко // Экология. – 2001. – № 6. – С. 466–470.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 10.02.05

O.V. Tolkach, S.L. Sokolov, A. Shnider

Response of Annual Radial Increment to Environment Depending on Degree of Birch Stands Tolerance

The relation of tolerance and resistance of birch stands to LOK defoliation is considered depending on the degree of birch stands tolerance.

УДК 582.475.4 : 630*181.65

В.В. Коровин, Н.В. Мальцукова, Р.В. Щекалев

Коровин Владимир Владимирович родился в 1938 г., окончил в 1962 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры селекции, генетики и дендрологии Московского государственного университета леса. Имеет около 100 печатных работ в области изучения аномального роста древесных растений, дендрологии, лесоведения.



Мальцукова Наталья Васильевна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Московский государственный университет леса, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры селекции, генетики и дендрологии МГУЛ. Имеет 7 печатных работ в области лесоведения.



Щекалев Роман Викторович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, научный сотрудник лаборатории экологической биологии Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет около 30 печатных работ в области изучения изменчивости качества древесины хвойных, дендрохронологии.



**РОСТ СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ И ПРИСПЕВАЮЩИХ
СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА
ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Исследована изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях Чернолуховского лесхоза Костромской области. Показано влияние температурного режима и количества осадков на прирост сосняков зеленомошной группы типов леса.

Ключевые слова: сосна, радиальный прирост, температурный и водный режимы.

Радиальный прирост стволовой древесины лесообразующих древесных растений – сложный интегральный показатель, в формировании которого участвуют генотип каждого конкретного растения и комплекс факторов внешней среды. При этом ни индивидуальные генетические особенности, ни отдельные экологические факторы, исключая катастрофические события, не определяют полностью реально наблюдаемую изменчивость радиального прироста. Флуктуация ширины годичных колец, доли ранней и поздней зон прироста, а вследствие этого и механических свойств древесины определяется множеством взаимосвязанных, а иногда и самостоятельно действующих внешних и внутренних факторов [3, 14, 18].

Изучению изменчивости радиального прироста лесообразующих растений и влиянию на нее различных факторов посвящены многочислен-

ные работы. Большой вклад в это направление исследований внес И.С. Мелехов [10–13].

Рассматриваемые в данной статье насаждения сосны обыкновенной сформировались на площадях, пройденных в 1930–1950-е гг. сплошными концентрированными рубками. На ранних этапах естественного возобновления из-за временного обогащения верхнего почвенного горизонта (быстрая минерализация опада и порубочных остатков) чистые по составу сосновые молодняки формировались чрезмерно загущенными. В дальнейшем это привело к недостатку питательных веществ, и насаждения при переходе в категорию средневозрастных стали быстро изреживаться. Отпад, по нашим наблюдениям, происходил за счет деревьев не только худших по росту и развитию, но и относящихся к категориям средних и даже лучших [6–8].

Нынешнее состояние рассматриваемых насаждений определяется, как мы полагаем, не только особенностями ранних этапов их формирования, но и возникновением Горьковского водохранилища, повлиявшего, по всей видимости, на гидрологический режим почв в регионе. После образования водохранилища в 1957 г. приустьевые участки р. Унжи были затоплены, а сама река стала впадать в озерную часть водохранилища – бывш. русло р. Волги. Подтопленными оказались земли общей площадью более 2000 га. Изменение уровня грунтовых вод до настоящего времени изучено недостаточно, но низовья реки, несомненно, попадают в зону косвенного влияния водохранилища. Ряд авторов, проводивших исследования в бассейне реки, отмечают повышенное «обводнение» большей части болот, расположенных в низовьях реки и по ее побережьям, что выражается в наступлении болот на окружающую территорию и приводит к неестественным для данного района сукцессиям [4, 15, 16].

Наши исследования проведены в 1995–1999 гг. в хвойных насаждениях Чернолуховского опытного лесхоза (подзона южной тайги), занимающего центрально-южную часть Костромской области. Лесхоз расположен в левобережье р. Унжи. Согласно принятым в лесоустроительной практике стандартам, по мере удаления от водохранилища в сосняках брусничных IV–V классов возраста было заложено 12 пробных площадей (Чернолуховское, Юровское и Торзатское лесничества) (рис. 1). Древостои этой группы типов леса приурочены к мощным песчаным отложениям, занимают верхние половины склонов холмов и слабоволнистые выровненные участки водоразделов и речных террас. Почвы дерново-, слабо- и среднеподзолистые на пылеватых песках и супесях. Грунтовые воды залегают на глубине 1,5 ... 2,0 м. В составе древостоя доминирует сосна (7–10 единиц по запасу), в насаждениях присутствует береза до 2 единиц. Рассматриваемые фитоценозы сформировались на площадях, пройденных сплошными концентрированными рубками с последующим сжиганием порубочных остатков. Особенностью роста и развития этих насаждений было возобновление с избыточным для данных условий произрастания количеством подроста на единице площади.

Чрезмерная начальная густота насаждений и последовавшее обострение внутривидовой борьбы обусловили формирование быстро растущего

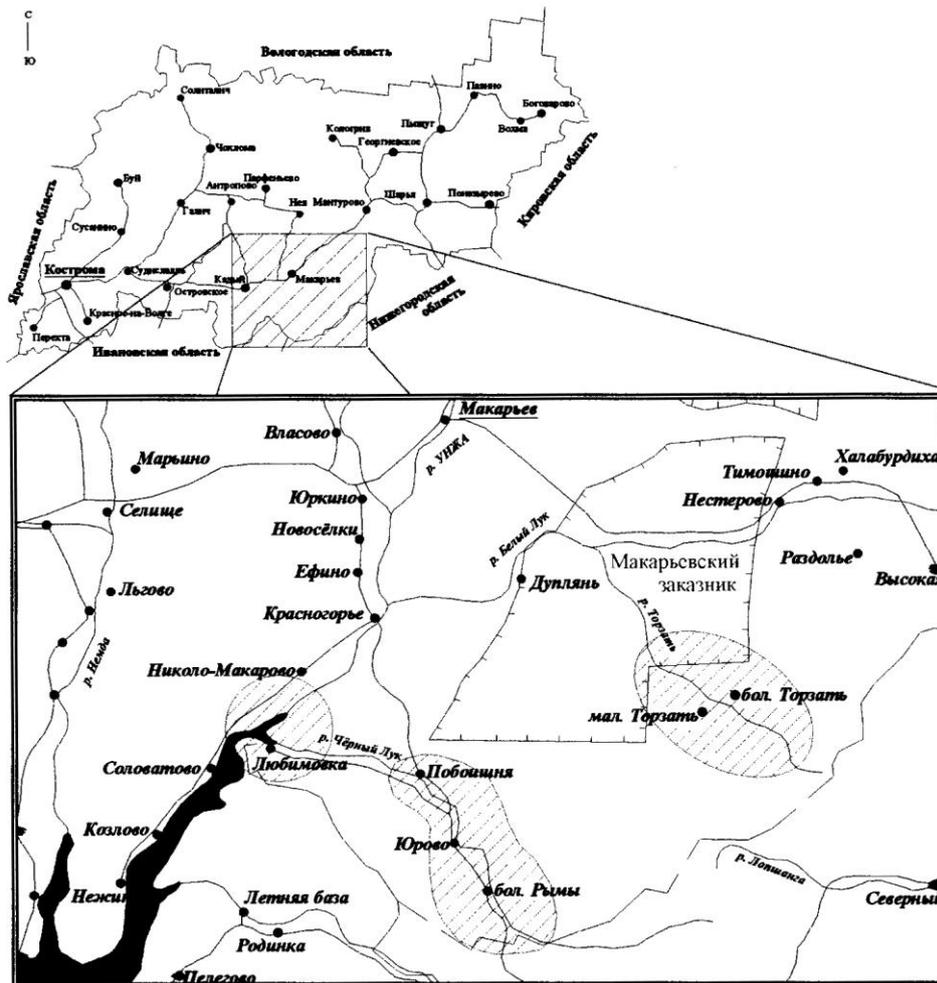
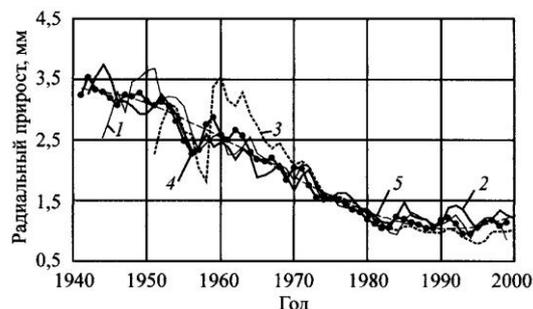


Рис. 1. Схема расположения районов работ

в высоту, но непропорционально тонкомерного древостоя с узкими, слабо развитыми кронами. В настоящее время эти древостои интенсивно изрежены, имеют низкую полноту (0,5 ... 0,6), что приводит к изменениям в сочетании факторов среды. В древостоях преобладают деревья с высоко поднятыми кронами (относительная протяженность крон не более 1/3 длины ствола). Высота древостоев отвечает I, реже II классу бонитета, однако в данном регионе по условиям произрастания соснякам брусничным соответствуют II-III классы бонитета.

У деревьев I-III классов Крафта (15 % от общего количества деревьев на участке) на высоте 1,3 м в направлении С-Ю возрастным буравом отбирали керны с одновременным измерением ствола и кроны. При построении древесных хронологий отсекали 4...6 первых годичных колец – юве-

Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны: 1, 2, 3 – соответственно Чернолуховское, Юровское и Торзатское лесничества; 4 – средний прирост; 5 – тренд прироста



нильную древесину, которая по строению отличается от основной массы дефинитивной древесины.

Последующую камеральную обработку собранного материала выполняли методами корреляционного и регрессионного анализов, рассчитывая дендрохронологические индексы, а также одноименные критерии Стьюдента и Фишера при 5 %-м уровне значимости [2, 5, 9, 17]. На основании полученных данных был построен ряд древесных хронологий средней продолжительностью 60 лет. Далее рассмотрим кратко полученные результаты.

Обращает на себя внимание общее резкое снижение интенсивности радиального прироста с 3,4 до 1,2 мм в период с 1950 г. по 1980 г. (рис. 2). Анализ изменчивости ширины годичных колец не выявил значимого увеличения интенсивности прироста при переходе от насаждений, произрастающих на равнинном и низинном рельефе, к соснякам, расположенным на склонах холмов ($t_{\text{факт}} < t_{05}$). При этом отмечено некоторое превышение средних значений радиального прироста хвойных насаждений Юровского лесничества (пробные участки расположены по склонам холмов) (табл. 1). Для каждого лесничества по уровням иерархии [9] определены значения вариации радиального прироста, характеризующие высокий и повышенный уровень изменчивости. Наблюдается тенденция понижения вариации по направлению эндогенная – экологическая изменчивость. Высокие значения

Таблица 1

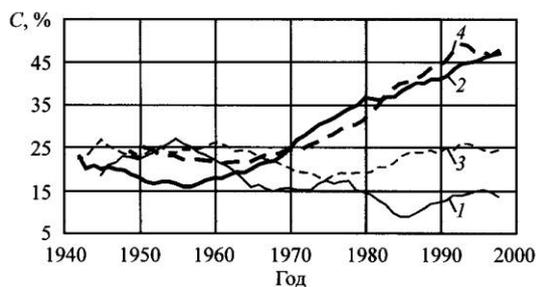
Характеристика радиального прироста сосны

Показатели	Лесничество		
	Торзатское	Чернолуховское	Юровское
Радиальный прирост, мм*	1,83 ± 0,15	1,92 ± 0,12	1,96 ± 0,12
$K_{\text{ч}}$, %**	7,1...9,5 (8,7)	9,1...13,1 (11,2)	7,2...13,0 (10,9)
Уровень изменчивости, %:			
эндогенной	51,2 ± 5,7	49,7 ± 5,5	47,8 ± 5,2
индивидуальной	42,8 ± 4,5	42,7 ± 4,5	43,1 ± 4,6
экологической	39,0 ± 4,0	42,0 ± 4,4	37,2 ± 3,8

* Среднее значение по лесничествам.

** Интервал колебаний индекса, в скобках среднее значение.

Рис. 3. Динамика изменчивости радиального прироста сосны: 1, 2 – Чернолуховское лесничество, соответственно холм и низина; 3 – Юровское лесничество, холм; 4 – Торзатское лесничество, равнина



вариации прироста говорят о явной, вероятно генетической, дифференциации деревьев внутри древостоев, чего нет в насаждениях более северных районов таежной зоны [19] и Восточной Сибири [3]. Уровень дисперсии радиального прироста снижается во II-III классах возраста и повышается к IV-V. Подобное колебание, но с более выраженным увеличением к V классу возраста, выявлено нами ранее в сосновых насаждениях зеленомошной группы лесов северной тайги [20].

Следует отметить значимое превышение изменчивости ширины годичного кольца у сосны в насаждениях равнинных и низинных участков по сравнению с расположенными на склонах холмов во второй половине трендов. Так, уровень изменчивости в рядах до 1970-х гг. колебался от 20,6 до 25,1% ($t_{\text{факт}} < t_{01}$ по всем рассматриваемым сопоставлениям). После 1970 г. варьирование признака стало значимым: на «сухих» участках среднее значение коэффициента изменчивости (C) не превышало 22,5 % (рис. 3, кривые 1 и 3), на «влажных» было больше 41,0 %.

Коэффициент синхронности полученных хронологий уменьшается по мере понижения рельефа (синхронность средняя и низкая): Юровское лесничество – 69,5; Торзатское – 62,2; Чернолуховское – 58,3 %. В данном случае коэффициент показывает наличие разнонаправленных колебаний радиального прироста сосны под воздействием общих (в основном климатических) факторов.

Для анализа отзывчивости радиального прироста от года к году под действием внешних факторов нами рассчитан индекс чувствительности $K_{\text{ч}}$ [18]. Независимо от экспозиции расположения опытного участка прослеживается тенденция к снижению $K_{\text{ч}}$ по направлению к участкам, удаленным от водохранилища (табл. 1).

До настоящего времени в научной литературе нет единого мнения о характере влияния флуктуаций водного и температурного режимов на изменение радиального прироста хвойных. В нашей работе предпринята попытка ретроспективно рассмотреть полученные древесные хронологии, используя сведения о динамике температуры и количестве выпавших осадков. По нашим данным получена умеренная связь температуры II-III декад марта с шириной годичного кольца ($r = -(0,369 \dots 0,518)$). Далее, до конца II декады апреля, связь ослабевает ($r = -(0,248 \dots 0,416)$). Температурный режим с мая по июль, по нашему мнению, находится в пределах экологического оптиму-

ма и, как следствие, не оказывает лимитирующего воздействия на радиальный прирост за год. Повышение температуры воздуха во II декаде августа приводит к значимому увеличению ширины годичного кольца. Получена умеренная положительная связь для насаждений Чернолуховского и Юровского лесничеств ($r = 0,305 \dots 0,348$). Стимулирующее влияние повышения температуры августа отмечалось и ранее [1]. В отдаленных от водохранилища хвойных насаждениях Торзатского лесничества не выявлена достоверная связь радиального прироста с температурой августа текущего года. Следует иметь в виду, что влияние водохранилища на леса этого лесничества минимально в связи с его удаленностью.

При рассмотрении влияния количества осадков на радиальный прирост отмечена значимая корреляция рассматриваемых переменных в период с ноября по февраль, при этом наиболее тесная связь получена в декабре (табл. 2). Интересна тенденция к увеличению тесноты связи в паре количество осадков – прирост при сокращении расстояния до водохранилища. Количество выпавших осадков за период вегетации, по нашим данным, не оказывает значимого влияния на радиальный прирост за год.

Для определения комплексного влияния гидротермического режима на радиальный прирост рассчитан множественный коэффициент корреляции, который показывает увеличение тесноты связи с третьей декадой ноября предыдущего ($R_{1,23} = 0,500$) по первую декаду января текущего года ($R_{1,23} = 0,575$) и последующее ослабление зависимости до конца мая ($R_{1,23} = 0,361$).

При расчете частной корреляции средней температуры и интенсивности радиального прироста при исключении влияния суммы выпавших осадков за рассматриваемый период отмечено ослабление силы связи во II-III декадах марта и II декаде августа. Частный коэффициент корреляции ($r_{13,2}$) составил соответственно $-0,379$, $-0,351$ и $0,354$. В случае определения чувствительности радиального прироста к колебаниям месячной суммы осадков при фиксированной температуре также отмечается общее снижение силы связи ($r_{12,3}$) в ноябре – феврале (соответственно $-0,485$; $-0,575$; $-0,543$; $-0,349$). Колебания отдельных составляющих гидротермического режима апреля (температура, сумма выпавших осадков) не влияли значимо на интенсивность прироста сосны.

Таблица 2

**Корреляция ширины годичного кольца сосны обыкновенной
и количества выпавших осадков**

Месяц	Лесничество		
	Торзатское	Юровское	Чернолуховское
Ноябрь	$-(0,215 \dots 0,507)$	$-(0,330 \dots 0,331)$	$-(0,295 \dots 0,434)$
Декабрь	$-(0,352 \dots 0,510)$	$-(0,533 \dots 0,550)$	$-(0,550 \dots 0,640)$
Январь	$-(0,464 \dots 0,476)$	$-(0,503 \dots 0,511)$	$-(0,500 \dots 0,551)$
Февраль	$-(0,354 \dots 0,375)$	$-(0,425 \dots 0,486)$	$-(0,355 \dots 0,397)$
Апрель	Не значимо	$-(0,310 \dots 0,369)$	$-(0,275 \dots 0,384)$

Подобные результаты, на наш взгляд, позволяют предположить, что большое количество снега при интенсивном таянии в течение марта – апреля вызывает повышение уровня грунтовых вод. В результате подтопляются насаждения, произрастающие на легких почвах, подстилаемых глинами и тяжелыми суглинками, и, как следствие, тормозятся ростовые процессы. Положительная корреляция годовичного радиального прироста и температуры августа на фоне максимально «увлажненных» конца июля и начала августа может считаться закономерно ожидаемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова, Г.Ф. Рост клеток хвойных [Текст] / Г.Ф. Антонова. – Новосибирск: Наука, 1999. – 232 с.
2. Битвинкас, Т.Т. Дендроклиматические исследования [Текст] / Т.Т. Битвинкас. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.
3. Ваганов, Е.А. Погодные условия и структура годовичного кольца деревьев: имитационная модель трахеидограммы [Текст] / Е.А. Ваганов, И.В. Свицерская, Е.Н. Кондратьева // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 37–45.
4. Василевская, В.Д. Почвы южно-таежного Заволжья в пределах Костромской области [Текст] / В.Д. Василевская // Структура и динамика экосистем южно-таежного Заволжья. – М.: Изд-во АН СССР, 1989. – С. 5–34.
5. Дьячков, А.Н. Математическая статистика в применении к лесному делу [Текст] / А.Н. Дьячков. – Архангельск, 1951. – 175 с.
6. Коровин, В.В. Особенности естественного роста средневозрастных и приспевающих сосняков Приунженского массива Костромской области (на примере Чернолуховского лесхоза) [Текст] / В.В. Коровин, А.Ф. Гуров, А.В. Савченко, Н.В. Мальщукова // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – М.: МГУЛ, 1998. – Вып. 303. – С. 31–35.
7. Коровин, В.В. Особенности роста средневозрастных и приспевающих сосняков в Чернолуховском опытном лесхозе [Текст] / В.В. Коровин, А.Ф. Гуров, А.В. Савченко, Н.В. Мальщукова // Там же. – М.: Изд-во МГУЛ, 2001. – Вып. 311. – С. 6–10.
8. Мальщукова, Н.В. Повышение продуктивности сосновых лесов Ветлужско-Унженской низменности [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Мальщукова. – М.: Изд-во МГУЛ, 2003. – 21 с.
9. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений [Текст] / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 282 с.
10. Мелехов, И.С. О качестве северной сосны [Текст] / И.С. Мелехов. – Архангельск: Сев. изд-во ОГИЗ РСФСР, 1933. – 26 с.
11. Мелехов, И.С. Об изменении анатомического строения древесины сосны под влиянием лесных пожаров [Текст] / И.С. Мелехов. – Архангельск, 1940.
12. Мелехов, И.С. Значение типов леса и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств [Текст] / И.С. Мелехов // Тр. Ин-та леса АН СССР. – М.; Л., 1949. – Т. 4. – С. 11–20.
13. Мелехов, И.С. Леса Севера европейской части СССР [Текст] / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 116 с.

14. Мелехова, Т.А. Формирование годичного слоя сосны в связи с лесорастительными условиями [Текст] / Т.А. Мелехова // Тр. АЛТИ. – 1954. – Т. 14. – С. 123–138.
15. Преображенская, Е.С. Растительность гарей Ветлужско-Унженского междуречья [Текст] / Е.С. Преображенская, С.Ю. Попов // Структура и динамика экосистем южно-таежного Заволжья. – М.: Изд-во АН СССР, 1989.
16. Смагин, В.А. Болота юга Костромской области (бассейн низовьев реки Унжа) [Текст] / В.А. Смагин // Ботан. журн. – 1995. – Т. 80. – С. 20–29.
17. Шиятов, С.Г. Пути устранения неоднородности дендрохронологических рядов [Текст] / С.Г. Шиятов // Продуктивность и рациональное использование растительности Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. – С. 90–101.
18. Шиятов, С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале [Текст] / С.Г. Шиятов. – М.: Наука, 1986. – 136 с.
19. Щекалев, Р.В. Изменчивость прироста и качества древесины сосны обыкновенной в естественных насаждениях Северо-Двинского бассейна в условиях аэротехногенного воздействия [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р.В. Щекалев. – Сыктывкар, 2004. – 24 с.
20. Щекалев, Р.В. Динамика радиального прироста ствола у деревьев сосны с различной шириной кроны в дельте Северной Двины [Текст] / Р.В. Щекалев, С.Н. Тарханов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. БГИТА. – Брянск, 2002. – Вып. 5. – С. 52–55.

Московский государственный
университет леса

Институт экологических
проблем Севера УрО РАН

Поступила 21.01.05

V.V. Korovin, N.V. Malshchukova, R.V. Shchekalev

Growth of Middle-aged and Ripening Pine Stands on Water-collection Area of Gorky Water-storage Reservoir

The variability of Scotch pine radial increment in the stands of Chernolukhovskiy forestry unit of Kostroma region is investigated. The influence of temperature conditions and precipitation amount on pine increment is shown for green-moss group of forest types.

УДК 632.768 (235.222)

Ю.Е. Михайлов

Михайлов Юрий Евгеньевич родился в 1969 г., окончил в 1993 г. Уральский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и защиты леса Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 35 научных работ по вопросам экологии и систематики жуков-листоедов, биоразнообразия хвое-листогрызущих насекомых в горных лесах, ветровальниках и на охраняемых территориях.



ПОПУЛЯЦИОННЫЕ АДАПТАЦИИ ЖУКОВ-ЛИСТОЕДОВ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ РУДНОГО АЛТАЯ*

Изучена зависимость высотной изменчивости металлической окраски жука-листоеда ореины царской (*Oreina sulcata* Gebler) от высотно-поясных комплексов типов леса и факторов внешней среды. Показана сложная структурированность популяции фитофага в оптимуме ареала при обитании в градиенте условий среды.

Ключевые слова: жуки-листоеды, популяционная изменчивость, горные леса, Алтай.

Жуки-листоеды (*Coleoptera, Chrysomelidae*) из родов *Chrysomela* L. и *Gonioctena* Chevг. на верхней границе леса в горах, интенсивно питаются на кустарниковых ивах, карликовой березе, ольхе зеленой, могут полностью дефолировать целые куртины [11]. Виды рода *Oreina* Chevг. интенсивно повреждают кормовые растения-доминанты лесных полей и лугов, достигая высокой численности (*Oreina sulcata* Gebler на Алтае – 10 ... 13 тыс. особей на 1 га [3]) и изымая в среднем более 20 % листовой поверхности и около 20 % биомассы (*O. speciosissima* Scop. в горах Чехии [12]). Виды указанных родов относятся к ключевым потребителям живого напочвенного покрова в горно-лесных экосистемах.

В горных популяциях жуков-листоедов обычны разнообразные металлические окраски (зеленая, синяя, бронзовая и др.), которые эффективно поглощают солнечную радиацию, обеспечивая нагрев и уменьшая воздействие УФ-излучения [10].

Листоед ореина царская** (*Oreina sulcata* Gebler (= *basilea* Gebler) (рис. 1) широко распространен и обычен в горах южной Сибири, но особенно многочислен в черневой тайге в высокотравье с горькушей (*Saussurea latifolia*) (*Asteraceae*) [11]. Ареал одного этого вида в Сибири сопоставим с

* Полевые исследования 2003 г. поддержаны грантом SEPG № 2181 Британского экологического общества.

**Листоед *Oreina sulcata* Gebler, в русскоязычной литературе более известный под синонимичным названием *O. basilea* Gebler, не имеет общепринятого русского названия, но *basilea* – латинизир. греч. βασιλεία – обозначает «царская».

Рис. 1. Листоед ореина царская (*Oreina sulcata* Gebler) на кормовом растении горькуше (*Saussurea latifolia*)



общим ареалом остальных видов рода *Oreina* в горах Европы, где находится центр видового разнообразия и обитают 22 вида [9]. В спектре высотных поясов ореина царская населяет поляны в горных лесах, подгольцово-субальпийский и реже горно-тундровый пояс. Указанный вид имеет очень широкий спектр цветковых морф (цветоморф), который подвержен географической и высотной изменчивости. Первая проявляется в смене с запада на восток доминирующей цветоморфы в высокогорьях [5], вторая – в замене зеленой цветоморфы низкогорий другими на бóльших высотах [2]. Разные цветоморфы обеспечивают неодинаковый нагрев, поглощая и отражая различные части спектра солнечного излучения [7]. Поэтому изменения с высотой в популяциях ореины царской, предположительно, обязаны интенсивности солнечного и, конкретно, УФ-излучения. Для выяснения этой зависимости в местах выборок мы провели инструментальные измерения высоты и солнечного излучения с учетом комплекса характеристик биотопов.

Материал и методика. Юго-западная часть Алтая – Рудный Алтай по лесорастительному районированию имеет ранг провинции, для которой характерно широкое распространение черневой тайги и высокотравных лугов [4]. Жуков собирали в Восточно-Казахстанской области, в окрестностях г. Риддера (бывш. Лениногорск) маршрутным методом от ст. Тишинский Рудник в предгорьях системы Ивановского хребта до высокогорного Малоульбинского водохранилища во второй половине июля 2003 г. Было заложено 15 пробных площадок (ПП) на трех хребтах и взято 11 выборок ореины царской общей численностью 940 экз. (табл. 1). Две выборки, собранные здесь же в начале июня 2000 г., добавлены для изучения встречаемости цветоморф по сезонам. В 2003 г. дополнительно собрано 527 экз. другого вида листоеда – *Chrysolina graminis artemisiae* Motsch. (ПП 1 и 12, см. табл. 1) – для изучения возможных параллелизмов в распространении цветоморф.

Таблица 1

Описание пробных площадок

№ ПП	№ вы-борки	Обозначение ПП	Высота, м над уровнем моря	Экс-пози-ция	Биотоп	Выбор-ка, экз.
1	1	Проходной Белок - стационар	1595	СЗ	Подгольцово-субальпийский	185
2	2	Проходной Белок - скалы	1595	»	То же	137
	3*	То же	1595	»	»	118
3	4	Проходной Белок - промежуточный	1430	»	Поляны в горной тайге	65
4	5	Проходной Белок - предгорья	950	В	То же	21
5	6	Проходной Белок - северо-восточный склон	1670	СВ	»	111
6	7	р. Марчиха - 1	1150	З	»	52
7	8	р. Марчиха - 2	1200	С	»	110
8	–	То же	1200	Ю	»	–
9	9	Верховья р. Малой Ульбы	1400	С	»	80
10	–	То же	1400	Ю	»	–
11	10	г. Россыпной Белок	2000	В	Горная тундра	15
12	11	Южнее Малоульбинского водохранилища	1680	СЗ	Подгольцово-субальпийский	31
13	12	Верховья р. Лев. Громотухи	1680	С	То же	92
14	–	То же	1680	Ю	»	–
15	13*	г. Углоуха	850	В	Поляны в горной тайге	21

* Выборки, взятые в июне 2000 г., остальной материал собран в июле 2003 г.

На каждой ПП регистрировали высоту над уровнем моря, экспозицию склона и энергетическую освещенность в ультрафиолетовой части спектра. Для этого использовали наручный компьютер (с функциями альтиметра, барометра и компаса) SUUNTO®-VECTOR и люксметр – УФ-радиометр модели ТКА-01/3 (диапазон измерения 10 ... 200 000 мВт/м² в области спектра 280 ... 400 нм), изготовленный НТП «ТКА», С.-Петербург, поверенный центром ТЕСТ–С.-ПЕТЕРБУРГ 26 июня 2003 г.).

Собранный материал затем обрабатывали в лаборатории. Так как цветовой спектр очень широк и сложен для объективного различения отдельных цветоморф, то нами впервые для этой цели была использована стандартная международная шкала оттенков для цветных камней «GemSet»® Геммологического института Америки (GIA), любезно предоставленная ювелиром В.Н. Устюжаниным (г. Екатеринбург).

Для исследования влияния высоты, экспозиции, интенсивности солнечной радиации, высотной поясности и сезона на численность цветоморф

использовали факторный анализ совместно с регрессионным и корреляционным анализом (стандартный пакет программ Statistica for Windows 5.0).

Приводим результаты исследования.

Спектр цветовых морф. В исследованных выборках мы выделили восемь цветоморф (табл. 2). Только крайние в спектре – фиолетовая (V) и пурпурная (P) – не были отмечены на Рудном Алтае, хотя известны нам из других местонахождений. Цветоморфы, выделенные в данном исследовании, полностью сопоставимы с таковыми из других популяций ореины царской, а также любого из европейских видов рода.

Таблица 2

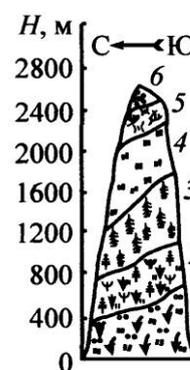
Стандартизованные спектры цветоморф у исследованных видов листоедов

Название цветоморфы	Оттенок по "GemSet" GIA	Условное обозначение	Наличие у <i>O. sulcata</i>	Наличие у <i>Ch. graminis</i>
Оранжево-красная	orangy red	oR	+	+
Желтово-оранжевая	yellowish orange	yO	+	+
Желтая	yellow	Y	+	+
Зеленая	green	G	+	+
Голубовато-зеленая	bluish green	bG	+	+
Зеленовато-синяя	greenish blue	gB	+	+
Синяя	blue	B	+	-
Фиолетовато-синяя	violetish blue	vB	+	-

Влияние экспозиции склона. Большинство колоний найдено на северо-западных и северных, реже – на западных и северо-восточных склонах. В трех местах выборки сделаны в долинах рек на северных склонах, но поиск на южных склонах (ПП 7, 9 и 12 в табл. 1) со сходной растительностью ничего не дал. Следовательно, ореина царская избегает южных склонов. Только колонии из предгорий и одна из горной тундры найдены на восточных склонах.

Влияние высотной поясности. В структуре высотной поясности, характерной для Рудного Алтая (рис. 2), наиболее подходящими для нашего объекта оказались именно лесные пояса растительности: большая часть материала собрана на полянах в горно-таежном и подгольцово-субальпийском

Рис. 2. Структура высотной поясности гор Рудного Алтая. Пояса растительности: 1 – степной; 2 – лесостепной; 3 – горно-таежный; 4 – подгольцово-субальпийский; 5 – горно-тундровый; 6 – нивальный (ледники и снежники) (из [4] с изменениями)



поясах (см. табл. 1). По данным для Центрального Алтая (окрестности оз. Телецкого), высотная поясность влияет на фенологию жуков [2]. Там в подгольцово-субальпийском поясе они выходят с мест зимовки во второй половине июня и имеют двухлетний жизненный цикл с двумя зимовками, в нижнем горно-таежном поясе появляются в конце мая и имеют однолетний цикл с одной зимовкой. Однако на Рудном Алтае в 2000 г. мы наблюдали жуков в верхнем поясе уже в начале июня. Указанное различие в фенологии не влияет на сборы в конце лета, когда жуков можно собирать по всей высотной трансекте.

Интенсивность солнечной радиации. Сделано 46 измерений солнечной радиации (интенсивности УФ-излучения), параллельно фиксировали высоту, экспозицию склона, облачность и время дня. Факторный и регрессионный анализы показали наибольшее влияние облачности. Учитывая, что листоеды были активны и питались только в солнечную погоду, а в пасмурную погоду и дождь прятались под листьями кормового растения, и что все выборки были взяты с 11.00 до 14.00 ч, для дальнейшего анализа мы выбрали условия безоблачного неба и указанный промежуток времени.

Усиление солнечного УФ-излучения с высотой над уровнем моря называется высотным эффектом (altitude effect). При безоблачном небе в Альпах высотный эффект полного дневного (прямого и рассеянного) излучения летом составляет $9 \pm 2\%$ на 1000 м (УФ-А) и $18 \pm 2\%$ на 1000 м (УФ-В) [8]. На Рудном Алтае высотный эффект солнечного излучения (УФ-А+В) составил 23,6 % на 1000 м, что близко к данным для Альп. Облачность уменьшает не только интенсивность УФ-излучения, но также и высотный эффект.

Обсуждение результатов. Первоначальное заключение о высотной изменчивости в окраске покровов ореины царской [2] сделано при сравнении выборок из трех точек на северо-восточном и центральном Алтае, находящихся на расстоянии 75 ... 200 км друг от друга. Эти данные не позволили получить точные выводы, но удалось уловить тенденцию, что синяя и фиолетовая цветоморфы более обычны в субальпийских популяциях, зеленая – в горно-лесных [2].

Результаты наших исследований позволяют выявить достоверное влияние различных факторов среды на спектр цветоморф с учетом полового диморфизма по данному признаку, что никогда не изучалось ранее [2, 5].

По данным с Рудного Алтая, численность синей цветоморфы возрастает с увеличением высоты над уровнем моря ($r = 0,48$), интенсивности УФ-излучения ($r = 0,48$) и от нижнего горно-лесного пояса к горно-тундровому ($r = 0,55$) (везде $P < 0,05$). Это вполне логично, так как все три фактора взаимосвязаны. Встречаемость зеленой цветоморфы уменьшается от горно-лесного пояса к горно-тундровому ($r = -0,43$), тогда как следующая в спектре – голубовато-зеленая – цветоморфа демонстрирует противоположную тенденцию ($r = 0,39$) (везде $P < 0,05$).

Цветоморфы оранжевой части спектра отличаются реакцией на сезон. Численность оранжево-красных жуков заметно ($r = -0,74$, $P < 0,01$), а

Таблица 3

Корреляции встречаемости цветоморф с факторами среды

Фактор среды	Встречаемость цветоморф							
	oR	yO	Y	G	bG	gB	B	vB
Экспозиция						-0,61		
Высота над уровнем моря		-0,63				0,56	0,61	
Интенсивность УФ-излучения		-0,67					0,59	
Высотная поясность					0,56	0,75*	<u>0,64</u>	
Сезон	<u>-0,82*</u>	-0,70*					0,55	
	-0,85*							

желтовато-оранжевых в меньшей степени ($r = -0,49$, $P < 0,05$) уменьшается от начала к концу лета. Это можно объяснить лучшей выживаемостью данных цветоморф во время зимовки, так как июньские выборки сделаны непосредственно после зимовки листоедов, а позднелетние жуки еще не пережили ее.

Дополнительную информацию дают корреляции у самок и самцов отдельно (табл. 3, в числителе данные для самцов, в знаменателе для самок; $N = 13$; показаны только корреляции, значимые при $P < 0,05$; цифры со звездочкой – в том числе при $P < 0,01$). Численность оранжево-красной цветоморфы одинаково сильно уменьшается от начала к концу сезона и у самок, и у самцов, тогда как желтовато-оранжевой – в основном у самцов, негативно коррелируя с высотой и интенсивностью УФ-излучения, что противоположно тенденции синей. Только вклад самцов в высотную тенденцию синей цветоморфы достоверен и поддерживается сходной тенденцией соседней в спектре зеленовато-синей цветоморфы (табл. 3).

У самок только зеленая цветоморфа демонстрирует достоверную негативную корреляцию с высотой и интенсивностью УФ-излучения, а зеленовато-синяя – единственная, которая реагирует на экспозицию, т. е. ее встречаемость уменьшается от западных склонов через северные к восточным (табл. 3).

Указанные корреляции, особенно материалы о половом диморфизме в этих тенденциях, говорят о наличии двухуровневой модели популяционной структуры [6] в данном случае. Это значит, что исследованные группировки подразделяются на генералистов и специалистов – две группы фенотипов с разными стратегиями и локальными нишами. В случае с орейной царской доминирующая группа, включающая зеленую и желтую цветоморфы, представляет генералистов. Они почти не реагируют на изменение факторов среды от биотопа к биотопу и представляют стабильную или консервативную часть популяции. Эту же роль в популяции играют самки [1], поэтому только у них проявляется тенденция к уменьшению численности зе-

ленной цветоморфы с высотой. Синяя и желтовато-оранжевая цветоморфы представляют специалистов. Они, наоборот, реагируют на изменение факторов среды, и, соответственно, эти корреляции более выражены у самцов, представляющих изменчивую часть популяции.

Рудный Алтай – оптимум ареала, ореина царская заселяет здесь весь возможный спектр высотных поясов, и именно в подобных градиентах условий популяция наиболее сложно структурируется [6]. По данным, полученным нами в 2004 г. на Южном Алтае (хребет Алатай северо-восточнее оз. Маркаколь), на южном краю видового ареала ореины царской сужается экониша и параллельно исчезает высотная изменчивость. Найденная там популяция заселяет лишь один высотный пояс (1500 ... 1650 м) – поляны в горной тайге и имеет только синюю цветоморфу.

У другого листоеда – *Chrysolina graminis artemisiae* – выделенные цветоморфы вполне сопоставимы с таковыми ореины царской, хотя их спектр оказался уже (см. табл. 2). Доминируют здесь другие цветоморфы – желтовато-оранжевая и желтая, и только оранжеватого-красная имеет значимое уменьшение с высотой ($r = -0,96$, $P < 0,05$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодакян, В.А. Половой диморфизм и «отцовский эффект» [Текст] / В.А. Геодакян // Журн. общ. биол. – 1981. – Т. 42. – С. 657–667.
2. Долгин, М.М. О биологии *Chrysochloa basilea* Gebl. (Coleoptera, Chrysomelidae) на Алтае [Текст] / М.М. Долгин // Насекомые Восточной Сибири: межвуз. сб. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1978. – С. 154–161.
3. Долгин, М.М. Фауна и экология листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Горного Алтая (подсемейства: *Cryptocephalinae*, *Chrysomelidae* и *Galerucinae*) [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.М. Долгин. – Иркутск, 1974. – 22 с.
4. Егорина, А.В. Физическая география Восточного Казахстана. Ч. 1. Восточный субрегион [Текст] / А.В. Егорина, Ю.К. Зинченко, Е.С. Зинченко. – Усть-Каменогорск: Вост. гуманитарн. ин-т, 2000. – 124 с.
5. Креславский, А.Г. Наследственный полиморфизм, наследственный мономорфизм и их роль в эволюции рисунка у жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) [Текст] / А.Г. Креславский // Журн. общ. биол. – 1975. – Т. 36. – С. 878–885.
6. Креславский, А.Г. Экологическая структура популяций и организация изменчивости [Текст] / А.Г. Креславский // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1984. – Т. 89. – С. 50–63.
7. Шванвич, Б.Н. Курс общей энтомологии [Текст] / Б.Н. Шванвич. – М.; Л.: Сов. наука, 1949.
8. Blumthaler, M. Altitude effect of solar UV radiation dependent on albedo, turbidity, and solar elevation [Text] / M. Blumthaler, W. Ambach, M. Huber // Meteorol. Zeitschrift. – 1993. – Vol. 2. – P. 116–120.
9. Kippenberg, H. Familie: *Chrysomelidae* [Text] / H. Kippenberg, M. Doberl // Die Käfer Mitteleuropas. Supplementband 3. Krefeld: Goecke & Evers, 1994. – 142 p.

10. Lopatin, I.K. High altitude fauna of the *Chrysomelidae* of Central Asia: biology and biogeography [Text] / I.K. Lopatin // *Chrysomelidae Biology*. Vol. 3: General Studies. – Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. – P. 3–12.

11. Mikhailov, Yu.E. Significance of colour polymorphism in mountain populations of abundant leaf beetles (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*) [Text] / Yu.E. Mikhailov // *Pirineos*. – 2001. – Vol. 156. – P. 57–68.

12. Pyšek, P. *Oreina speciosissima* – what is the extent of damage to the host plant? [Text] / P. Pyšek, A. Bezdek // *Chrysomelidae Biology*. Vol. 2: Ecological Studies. – Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1996. – P. 365–372.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 10.02.05

Yu.E. Mikhajlov

Population Adaptations of Gold-beetles in Mountain Forests of Ore Altay

The dependence for high variability of metallic colouring of *Oreina sulcata* Gebler on height-belt complexes of forest types and factors of the environment has been studied. The complex structuring of plant-feeder population in the natural habitat optimum in the environment gradient is shown.

УДК 630*432.0

Ю.Т. Цай, В.М. Груманс

Цай Юрий Тимофеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Красноярский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, профессор, академик МА-НЭБ, заведующий отделом организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза, лауреат золотой медали им. М.В. Ломоносова. Имеет около 130 печатных работ по вопросам механизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, охраны труда и безопасности лесных пожарных.



Груманс Виктор Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1974 г. Красноярский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза. Имеет около 100 печатных работ по проблеме охраны лесов от пожаров.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СУТОЧНОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРНЫХ

Определены основные требования к рациону питания лесных пожарных в полевых условиях. Его оптимизация представлена как задача линейного программирования. Рассчитанные нормы питания сбалансированы.

Ключевые слова: нормативы питания, лесные пожарные, суточный рацион, оптимизация, линейное программирование, ограничение, калорийность.

Питание существенно влияет на физическое состояние лесного пожарного и, следовательно, его работоспособность. Потребность в питательных веществах (белки, жиры, углеводы, микроэлементы) зависит от массы человека, возраста, пола, занятий, интенсивности труда, физиологических особенностей, климатических условий и других факторов. Организм человека нуждается в постоянном притоке питательных веществ, необходимых для нормальной работы организма. Часть их превращается в строительный материал для клеток, наибольшая же затрачивается на образование жизненной энергии. Энергетическая ценность продуктов питания оценивается в килокалориях. При сгорании 1 г белка и 1 г углеводов образуется 4,1 ккал, 1 г жира – 9,3 ккал [2, 4]. Потребность человеческого организма зависит от энергетических потерь во время физической работы. Чем она тяжелее, тем больше затрачивается энергии и тем больше калорий должен получить организм с пищей.

Условия труда рабочих, занятых на тушении лесных пожаров, имеют ряд особенностей: воздействие опасных факторов лесных пожаров и внешней среды (задымленность, угарный газ, углекислый газ, повышенная температура, открытое пламя пожара, искры, тепловое излучение, комары, клещи, мошка, нервно-психологические и физические перегрузки); нерав-

номерность напряженности труда в разные периоды времени; удлинение рабочего дня при тушении лесных пожаров; большие физические нагрузки; дробление рабочего времени пожарного (утро, вечер, ночь); проживание и ночлег пожарных в лесу в полевом лагере; отдаленность работы от места проживания и др. Согласно классификации [1, 3], условия труда лесных пожарных по тяжести и интенсивности соответствуют 4-му классу: опасные (экстремальные), воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений. К этому классу относятся парашютисты-пожарные; десантники-пожарные; инструкторы парашютно-пожарных и десантно-пожарных групп; рабочие лесопожарных бригад; бригадиры лесопожарных бригад; трактористы-машинисты; водители по доставке людей, пожарного оборудования и огнетушащих материалов; руководители тушения пожара; рабочие, занятые на тушении лесных пожаров.

Для определения оптимального суточного рациона питания исходные данные и условные обозначения представлены в форме табл. 1.

Введем дополнительные обозначения:

a_j – количество усваиваемых веществ j -го вида, которое необходимо в ежедневном рационе лесного пожарного ($j = 1$ – белок; $j = 2$ – жиры; $j = 3$ – углеводы), г;

u^* – необходимая суточная энергетическая ценность продуктов питания, ккал.

Таблица 1

Продукт*	Усваиваемые вещества j -го вида в 100 г i -го продукта (a_{ij}) г			Энергетическая ценность (u_i), ккал	Стоимость i -го продукта (c_i), р.
	Белки (a_{i1})	Жиры (a_{i2})	Углеводы (a_{i3})		
Хлеб пшеничный (x_1)	6,9 (a_{11})	0,4 (a_{12})	45,2 (a_{13})	217 (u_1)	1,35 (c_1)
...
Молоко сгущенное с сахаром (x_4)	6,8 (a_{41})	8,3 (a_{42})	53,5 (a_{43})	324 (u_4)	5,60 (c_4)
...
Макаронные изделия (x_i)	9,3 (a_{i1})	0,8 (a_{i2})	70,9 (a_{i3})	336 (u_i)	1,30 (c_i)
...

* x_i – количество i -го продукта.

Тогда суммарные затраты на питание одного пожарного в сутки равны:

$$Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i ; \quad (1)$$

количество усваиваемых веществ j -го вида:

$$A_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i ; \quad (2)$$

количество потребляемых калорий:

$$U = \sum_{i=1}^n u_i x_i . \quad (3)$$

Задача оптимизации может быть сформулирована как задача линейного программирования: найти

$$\min_{x_i} \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (4)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \geq a_j , \quad j = 1, 2, 3; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i x_i \geq u^* ; \quad (6)$$

$$x_i \geq 0. \quad (7)$$

Основные требования к питанию: суточная энергетическая ценность продуктов на одного лесного пожарного 5500 ккал; соотношение белков, жиров и углеводов по массе 1,0:1,2:4,6; питание должно быть разнообразным, т. е. кроме белков, жиров и углеводов следует включать микроэлементы и витамины (поливитамин «Компливит», «Ундевит» и др.); 4-разовое: первый завтрак – 10 ... 15 %, второй завтрак – 25 ... 30 %, обед – 40 ... 45 %, ужин – 15 ... 20 % от суточной энергетической ценности.

В соответствии с основными требованиями к питанию введены дополнения к постановке задачи оптимизации суточного рациона.

а) Количество a_j рекомендуется не определять заранее, а пользоваться их соотношением 1,0:1,2:4,6. Для этого найдем необходимое долевое участие усваиваемых веществ a_j' : белки: $a_1' = \frac{1}{1+1,2+4,6} = 0,147$; жиры:

$$a_2' = \frac{1,2}{1+1,2+4,6} = 0,176; \text{ углеводы: } a_3' = \frac{4,6}{1+1,2+4,6} = 0,677. \text{ Тогда}$$

$$a_j = a_j' \sum_{i,j} a_{ij} x_i = a_j' \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 a_{ij} x_i$$

и ограничение (5) запишем в виде

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \geq a_j' \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 a_{ij} x_i , \quad j = 1,2,3 \quad (8)$$

или

$$\sum_{i=1}^n \left(a_{ij} - a'_j \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_i \geq 0. \quad (9)$$

В целях подготовки исходной информации к конкретным расчетам необходимо определить коэффициенты $a_{ij}^* = a_{ij} - a'_j \sum_{j=1}^3 a_{ij}$. Следовательно, значения, приведенные в табл. 1 (графы 2–4), нужно заменить следующим образом:

в графе 2 (белки):

$$a_{i1}^* = a_{i1} - 0,147 (a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}); \quad (10)$$

в графе 3 (жиры):

$$a_{i2}^* = a_{i2} - 0,176 (a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}); \quad (11)$$

в графе 4 (углеводы):

$$a_{i3}^* = a_{i3} - 0,677 (a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}). \quad (12)$$

Например, $a_{11} = 5,1$ (см. табл. 1), тогда $a_{11}^* = 6,9 - 0,147 (6,9 + 0,4 + 45,2) = -0,8175$.

Аналогично рассчитывают все другие значения a_{ij}^* по формулам (10)–(12).

б) Вводить ограничения по энергетической ценности в расчете на 4-разовое питание. Для этого разобьем u^* на четыре составляющие: $u_1^* + u_2^* + u_3^* + u_4^*$, где $u_1^* : u_2^* : u_3^* : u_4^* = 0,15 : 0,25 : 0,40 : 0,20$.

В качестве u^* примем установленную по результатам экспериментальных исследований и из литературных источников величину $u^* = 5500$ ккал. Тогда $u_1^* = 0,15 \cdot 5500 = 825$; $u_2^* = 0,25 \cdot 5500 = 1375$; $u_3^* = 0,4 \cdot 5500 = 2200$; $u_4^* = 0,2 \cdot 5500 = 1100$.

В этом случае ограничение (6) заменяется четырьмя неравенствами, каждое из них соответствует одному приему пищи.

Чтобы записать эти ограничения, нужно от переменных x_i перейти к новым переменным x_{ik} – количеству i -го продукта, употребляемого в k -й прием пищи ($k = 1$ – первый завтрак; $k = 2$ – второй завтрак; $k = 3$ – обед; $k = 4$ – ужин).

Таким образом, ограничения по энергетической ценности рациона имеют вид

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{ik} \geq u_k^*, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (13)$$

В связи с переходом к новым переменным требуется внести изменения в выражения (4) и (9).

Найти $\min_{x_k} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 c_i x_{ik}$ при ограничениях:

по белкам:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i1} - 0,147 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0;$$

по жирам:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i2} - 0,176 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0;$$

по углеводам:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i3} - 0,677 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0;$$

по энергетической ценности первого завтрака:

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{i1} \geq 825;$$

второго завтрака:

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{i2} \geq 1375;$$

обеда:

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{i3} \geq 2200;$$

ужина:

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{i4} \geq 1100.$$

Таким образом, имеем линейную целевую функцию и систему линейных ограничений. Данная задача решена на компьютере с помощью симплекс-метода, который реализован в пакете программ «STATGRAF». Рассчитаны суточные нормы питания на одного лесного пожарного (табл. 2).

При использовании сухого пайка в его состав необходимо включить продукты, не требующие кулинарной обработки, и дополнительные биологически активные вещества. Сухой паек предназначается для индивидуального использования и должен быть пригодным для употребления без какой-либо обработки; по составу соответствовать привычной пище пожарного; содержать минимальное количество воды; иметь защитную воздухо- и влагонепроницаемую упаковку; необходимо, чтобы каждая затаренная еди-

Таблица 2

Продукт	Суточная норма на 1 чел., г	Усваиваемые вещества, г			Калорийность, ккал	Стоимость**, р.
		Белки	Жиры	Углеводы		
Мясо тушеное (говядина тушеная, свинина тушеная, мясо в белом соусе и др.)	340	51,0	68,0	1,2	851,5	27,0
Колбаса сырокопченая (сало)*	100	20,4	37,4	–	431,0	15,0
Консервы рыбные в масле	125	3,8	58,3	1,4	156,3	7,0
Масло сливочное (топленое)*	80	0,6	39,1	0,3	695,0	6,0
Сыр 50 %-й жирности	50	9,0	12,0	1,3	189,5	5,0
Крупа (гречка, рис, овсянка и др.) или	150	10,0	1,4	109,2	501,0	2,0
Макаронные изделия или	150	14,0	1,2	106,4	504,0	2,0

Картофель, овощи	300	5,1	–	60,0	258,0	2,0
Молоко сгущенное с сахаром	80	5,4	6,6	42,8	259,2	3,7
Карамель с начинкой	20	–	–	20,0	60,0	1,0
Сахар-рафинад, песок	50	–	–	49,9	200,0	1,2
Хлеб пшеничный	500	31,7	2,3	253,3	1085,0	7,0
Сухари пшеничные (галеты, пряники)	100	10,5	1,2	68,5	335,0	1,5
Лук репчатый (чеснок, специи)	50	1,0	–	3,5	21,2	0,5
Соль пищевая	20	–	–	-	-	0,1
Чай	20	–	–	3,0	12,0	4,8
Какао порошок с молоком и сахаром	20	3,6	3,0	2,7	89,5	1,0
Кетчуп	50	0,4	–	1,6	8,2	1,2
Соки плодовые и ягодные	200	0,6	220 мл калия	24,0	120,0	4,5
Шоколад*	50	3,5	20,0	22,1	275,0	7,0
Фрукты свежие или изюм, курага и др.*	200	0,6	–	23,0	115,5	5,0
Поливитамины «Компливит», «Ундевит» и др.	1 шт.			Витамины А, В, С, Е и микроэлементы		1,0
Итого:	2130	153,0	250,0	633,4	5405,0	101,5

* По желанию работающих продукты могут быть заменены на равноценные.

** Стоимость продуктов питания определена на 01.01.04 г.

ница соответствовала одному приему пищи или блюду; пищевая и энергетическая ценность сухого пайка покрывала среднесуточные энергозатраты; биологическая полноценность сухого пайка обеспечивалась за счет сохранения в нем природных биологических свойств продуктов, а также дополнительного включения комплекса биологически активных веществ (витамины, микроэлементы и др.).

В условиях повышенных температур для работающих важно сохранить водный баланс организма. В процессе теплоотдачи, которая происходит, главным образом, в виде потоотделения, терморегуляция организма значительно ухудшается, что приводит к большим потерям воды и минеральных солей. При неблагоприятных условиях потеря жидкости организмом может достичь 8 ... 10 дм³ за смену, в том числе 60 г поваренной соли. Следует знать, что при увеличении потери воды ее восполнение сокращается. Так, при потере воды 20 г/ч восполнение происходит на 95 %, при 500 г/ч – на 75, при 750 г/ч – на 50 %. Потеря же 2 % жидкости (1,5 л) для человека массой 70 кг соответствует потере работоспособности на 20 %, 4 % – 40 %, при потере 10 % возможен летальный исход, так как сгущается кровь, нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, питание тканей и органов. Соблюдение рационального питьевого режима – важное условие обеспечения выносливости лесных пожарных. Для здорового человека в климатических условиях средней полосы объем выпиваемой жидкости должен составлять 2,0 ... 2,5 л, при повышенной температуре окружающей сре-

ды – до 3,5 л. При механизированном и тяжелом труде, когда температура окружающей среды составляет $+(39 \dots 40)^\circ\text{C}$ и выше, объем потребляемой воды на одного работающего увеличивается от 4 до 6 ... 8 л в сутки. При выполнении тяжелой физической работы чувство жажды притупляется и трудно определить потерю воды организмом, поэтому рекомендуется пить воду во время работы до появления чувства жажды. Ее утоление обычно наступает через 10 ... 15 мин после приема жидкости, поэтому при повышенных температурах и усиленном потоотделении воду лучше пить несколькими глотками (150 ... 200 г) с кратковременными промежутками (10 ... 15 мин). При индивидуальном режиме потребления жидкости следует руководствоваться общим самочувствием, работоспособностью и степенью нагретости кожи. Если кожа сухая и теплая, необходимо увеличить прием жидкости; если пот течет по телу каплями, надо пить меньше; если кожа под одеждой влажная, режим питья можно считать правильным. Температура питьевой воды не должна быть выше $+20$ и ниже $+7^\circ\text{C}$, оптимальная $+(8 \dots 12)^\circ\text{C}$. Тем, кто сильно потеет и испытывает постоянную жажду, можно до завтрака съесть 5 ... 10 г соли и запить водой до полного утоления жажды, однако избыточное потребление соли также вредно. При напряженной физической работе в условиях повышенной температуры окружающей среды резко повышается потребность в витамине С, источником которого являются овощи, ягоды, фрукты, поэтому эффективно употребление подкисленной воды с добавлением органических кислот (лимонная, клюквенная), можно также полоскать рот минеральной водой.

Изложенное позволяет заключить, что работающие на тушении лесных пожаров в течение суток затрачивают энергии от 21500 до 22900 кДж (от 5100 до 5500 ккал). В связи с этим суточные нормы питания и калорийность продуктов рассчитаны из средних энергозатрат лесных пожарных на выполнение различных видов лесопожарных работ. Предложенные нормативы питания сбалансированы, т. е. соотношение белков, жиров и углеводов в рационе (г) равно 1,0 : 1,2 : 4,6. В рацион питания включены разнообразные продукты, включая белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, микроэлементы и витамины в соответствующих сочетаниях и количествах. При тушении лесных пожаров обоснованным и физически выгодным считается 4-разовое питание, что обеспечивает равномерную нагрузку на органы пищеварения и наиболее полную ферментативную обработку пищи. Рекомендуется следующее суточное распределение рациона: первый завтрак – 10 ... 15; второй завтрак – 25 ... 30; обед – 40 ... 45; ужин – 15 ... 20 %. Распределение питания по времени должно осуществляться в зависимости от конкретных условий, но в определенные промежутки времени. При тяжелом труде объем потребляемой жидкости на одного лесного пожарного составляет 6 ... 8 л в сутки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасных факторов производственной среды, тяжести и на-

пряженности трудового процесса [Текст]. – М.: Агрохим, 2000. – 162 с.

2. Головина, И.А. Снижение веса (методические рекомендации) [Текст] / И.А. Головина. – Красноярск, 1999. – 21 с.

3. Классификация основных видов работ и профессий по степени вредности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса в лесном хозяйстве [Текст]. – М., 1997. – 140 с.

4. Колосийцев, Ф.М. Профилактика преждевременной старости [Текст] / Ф.М. Колосийцев. – М.: Медицина, 1964. – 98 с.

ВНИИПОМлесхоз

Поступила 20.09.04

Yu.T. Tsai, V.M. Grumans

Determination of Optimal Daily Food Allowance for Forest Firemen

The main requirements to daily food allowance for forest firemen in the field conditions are set. Its optimization is presented as a linear programming problem. The estimated food norms are balanced.

УДК 630*181.71: 57.017.645

А.Ю. Кулагин, А.Н. Давыдычев

Кулагин Алексей Юрьевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Саратовский государственный университет, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией лесоведения Института биологии Уфимского НЦ РАН. Имеет более 200 научных работ в области устойчивости древесно-кустарниковых пород к промышленным загрязнителям, лесовосстановления, защитного лесоразведения, экологической физиологии растений, индустриальной дендрэкологии.



Давыдычев Александр Николаевич родился в 1979 г., окончил в 2000 г. Башкирский государственный аграрный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского НЦ РАН. Имеет 10 печатных работ в области естественного возобновления, онтогенеза и адаптации древесных растений в естественных и техногенных ландшафтах.



ОСОБЕННОСТИ РОСТА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА В ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ УФИМСКОГО ПЛАТО

Выявлены особенности роста пихты сибирской в различных лесорастительных условиях: неоднородность растений одного календарного года, наличие ксилоризомы, периоды интенсивности роста.

Ключевые слова: пихта сибирская, подрост, ксилоризома, адаптация.

Известен ряд работ, посвященных изучению роста пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) на начальных этапах онтогенеза [4, 9, 10]. В них подвергается анализу надземная часть растения (до уровня почвы). Возраст растений определяется традиционными методами, подробно описанными А.А. Корчагиным [6], что, на наш взгляд [2], приводит к значительным ошибкам и недостоверному анализу фактического материала.

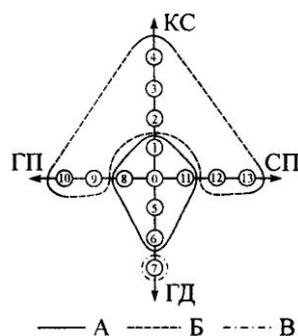
Цель данной работы – охарактеризовать рост пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) на начальных этапах онтогенеза при ксилоризомном развитии в различных лесорастительных условиях с учетом календарного (точного) возраста растений.

Исследования проводили в условиях Предуралья на территории Уфимского плато в широколиственно-хвойных лесах водоохранной зоны Павловского водохранилища (р. Уфа). В изучаемом регионе, вследствие совмещения и стыковки трех флороценологических комплексов (неморальный, бореальный и степной), сложился специфический природный комплекс. Здесь на небольшой площади отмечается 14 типов лесорастительных условий (ЛРУ), различающихся по степени проявления влияния ведущих факторов среды [11]. Пихта сибирская в этих условиях, выступая в роли соэдифи-

катора ели сибирской, формирует коренные типы леса в сложной (снытевой) группе типов ЛРУ Уфимского плато [12].

Изучали рост подроста пихты под пологом пихто-ельника осочково-зеленомошного, пихтача хвощово-кислично-снытевого и пихто-ельника крупнопоротниково-снытевого (рис. 1). Осочково-зеленомошный тип ЛРУ приурочен к инсолируемым склонам южной, юго-восточной и юго-западной экспозиций с устойчиво увлажняемыми дерново-карбонатными горно-лесными почвами, развитыми на мощных отложениях щебнисто-глинистого делювия известняка. Хвощово-кислично-снытевый тип выделен для подошв склонов всех экспозиций со свежими устойчиво увлажняемыми светло-серыми оподзоленными горно-лесными почвами на глинистом делювии. Крупнопоротниково-снытевый тип приурочен к широким (более 100 м) плато со свежими устойчиво увлажняемыми серыми горно-лесными почвами, развитыми на рыхлом, сильно выветрившемся элювии известняка.

Рис. 1. Экологические ареалы пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) [7]. Условные обозначения: КС – ряд ксеротрофизации; СП – ряд сциопсихротрофизации; ГД – ряд гидротрофизации; ГП – ряд гелиопсихротрофизации; А – доминирует или содоминирует в древостое; Б – единичные деревья; В – недолговечный подрост. Типы ЛРУ: 0 – крапивно-снытевый; 1 – крупнопоротниково-снытевый; 2 – орляково-снытевый; 3 – коротконожково-снытевый; 4 – чилиговый; 5 – хвощово-кислично-снытевый; 6 – лабазниково-кислично-снытевый; 7 – снытево-лабазниковый; 8 – липняково-зеленомошный; 9 – осочково-зеленомошный; 10 – зигаденусово-зеленомошный; 11 – липняково-кислично-снытевый; 12 – мелкопоротниково-зеленомошный; 13 – сфагново-зеленомошный



Отбор и обработку образцов для изучения роста пихты на начальных этапах онтогенеза производили с учетом методических рекомендаций М.В. Придни [13], предложенных для ели сибирской и примененных А.М. Бойченко [1] для других хвойных пород. В каждом из изучаемых типов ЛРУ за пределами пробной площади отбирали 100 ... 180 экземпляров подроста. За высоту растения принимали размеры надземной части, за длину – высоту растения с прибавлением длины погребенной части. Календарным возрастом считали отрезок времени от возникновения растения до изучаемого момента [14], биологическим – возраст надземной части растения [5]. Материал обрабатывали общепринятыми статистическими методами [8].

При построении усредненных кривых хода роста по высоте годовые приросты группировали в зависимости от биологического возраста растения. Первому году соответствовал первый верхушечный прирост от поверхности почвы и т. д. Кривые относительного прироста строили по точкам, найденным по формуле

$$P_{rei} = \frac{H_n - H_{n-1}}{H_n \Delta t},$$

где P_{rei} – относительный прирост;

H_n, H_{n-1} – средняя высота подроста соответственно данного и предыдущего биологического возраста, см;

Δt – промежуток времени, для которого вычисляется относительный прирост, равен 1 году.

Возобновление пихты под пологом древостоев изучаемых типов леса протекает удовлетворительно (табл. 1). Количество подроста 60 ... 80 %, размещение по площади равномерное. В отдельных случаях он приурочен к «окнам» полога древостоя и микроповышениям рельефа, образованным из гниющей древесины. В пихто-ельнике крупнопоротниково-снытевом в категорию крупного подроста переходит только 2 % мелкого, в пихтаче хвошово-кислично-снытевом – 54,2, в пихто-ельнике осочково-зеленомошном – 62,5 %. Это свидетельствует о лучшей выживаемости подроста в ЛРУ последних двух типов.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей в изучаемых типах леса

Ярус	Состав древостоя	Возраст, лет*	Полнота	Класс бонитета	Число стволов на 1 га, шт.	Средняя высота, м*	Средний диаметр, см*	Запас, м ³ /га	Густота подроста пихты, тыс. шт./га**
Пихто-ельник осочково-зеленомошный (пробная площадь 87)									
I	5Е5П, ед. С, Б	90	0,79		644	21,6	20,4		
II	10П + Е, Б, Лп, ед. Кл, Ив.к	70	0,06	II	280	9,9	8,7	434	11,7 (4,5)
Пихтаче хвошово-кислично-снытевый (пробная площадь 86)									
I	6П2Е2Б + С, ед. Ос	90	1,13		905	23,9	21,9		
II	8П1Б1Е + Лп, ед. Ил	70	0,09	II	295	17,7	11,6	565	7,4 (2,6)
Пихто-ельник крупнопоротниково-снытевый (пробная площадь 50)									
I	2Е3П5Б + С, Лп	90	0,87		608	27,6	31,5		
II	7П3Лп + Ил, Кл, ед. Ос, Б	75	0,14	I	464	16,6	12,4	512	5,1 (0,1)

* Показатель по главной породе.

** В скобках густота крупного подроста.

В изучаемых ЛРУ большинство растений пихты образуют ксилоризому (в осочково-зеленомошном – 74,0, крупнопоротниково-снытевом – 72,0, хвошово-кислично-снытевом – 97,6 %) [2, 3]. Рост отдельного растения пихты при ксилоризомном развитии представляет собой сложное явление. В первые 5 ... 10 лет жизни базальная часть стволика постепенно оказывается под землей, вследствие изгиба гипокотилия и погребения его опадом листьев и хвои. На погребенной части стволика, как правило, в местах соединения верхушечных приростов предыдущего и последующего годов, образуются

придаточные корни. Располагаясь все выше по стволу, они «тянут» последний под землю, в то же время сам ствол, благодаря явлению отрицательного геотропизма, растет вверх. В дальнейшем ежегодно главная ось растения прирастает в высоту, а подземная часть стволика увеличивается вследствие его полегания (рис. 2). Таким образом, складывается ситуация,

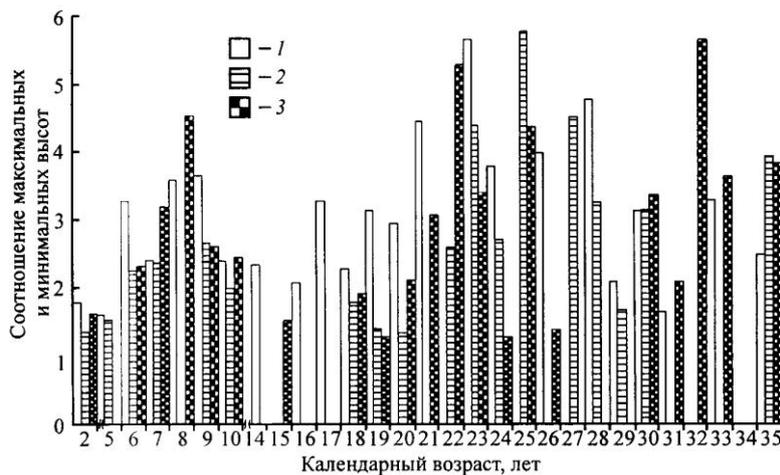


Рис. 3. Соотношение максимальных и минимальных высот подроста пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) одного календарного возраста в различных ЛРУ: 1 – осочково-зеленомошный; 2 – хвощово-кислично-снытевый; 3 – крупнопоротниково-снытевый

когда ежегодные приросты в высоту скрадываются увеличением размеров подземной части стволика. В отдельных случаях, когда эти показатели равны, высота растения в течение года не изменяется. У растений 15–20-летнего возраста с ксилоризомой гипокотиль и приросты первых 3 ... 5 лет жизни оказываются полностью под землей.

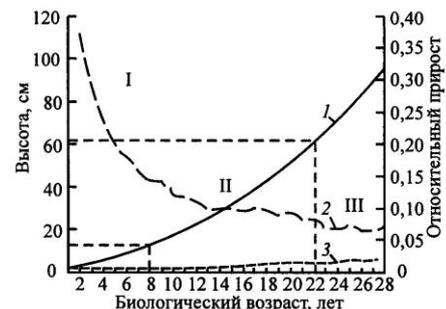
Подросту пихты свойственна неоднородность в возрастном ряду по темпам и характеру роста (рис. 3).

Наблюдаются значительные различия в линейных размерах растений одного календарного возраста в одном типе ЛРУ. Размеры надземной части

(высоты) растения в осочково-зеленомошном типе различаются в 1,6–5,6 раза, в хвощово-кислично-снытевом – в 1,3–5,8 раза, в крупнопоротниково-снытевом – в 1,3–5,7 раза (рис. 3), длина растений соответственно в 1,4–3,6; 1,1–3,0 и 1,1–3,2 раза. Это объясняется неоднородностью микроусловий подпологовой среды (в первую очередь освещенности). Размеры надземной части (высота растения) в тех же типах ЛРУ составляют 46 ... 100, 28 ... 100 и 39 ... 100 % от общей длины стволика. Таким образом, значительная неоднородность подроста в возрастном ряду по темпам и характеру роста и сложность самого процесса не дают возможности проследить динамику роста ни отдельного растения, ни их совокупности.

Объединение массового материала, собранного во всех изучаемых типах ЛРУ, позволило выявить некоторые общие закономерности в росте надземной части подроста пихты. На кривой относительного прироста (рис. 4) четко выделяются три периода интенсивности роста в зависимости от высоты растения. I – период замедленного роста до достижения растением высоты 13 ... 14 см. Возраст надземной части составляет 8 лет,

Рис. 4. Динамика роста подроста пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в пихтовом осочково-зеленомошном: I, II, III – периоды интенсивности роста; 1 – кривая хода роста по высоте; 2 – кривая относительного прироста; 3 – кривая изменения годовых приростов по высоте



полный возраст растений колеблется от 8 до 19 лет, средний ежегодный прирост 1,7 см. II – период незначительного роста надземной части до высоты 60 ... 62 см. Возраст надземной части составляет 22 года, календарный возраст выше, максимальный 55 лет, средний ежегодный прирост 3,0 см. III – период нормального роста с 60 ... 62 см и выше, максимальный календарный возраст 60 лет, средний ежегодный прирост 5,2 см.

Наличие таких периодов объясняется влиянием живого напочвенного покрова. Подрост пихты в процессе развития постепенно перерастает ярус низкорослых трав и кустарничков, затем среднерослых и, наконец, высокорослых трав. При этом интенсивность роста увеличивается, вследствие снижения конкуренции со стороны очередного яруса.

Сопоставление данных о неоднородности линейных размеров растений в возрастном ряду (см. рис. 3), в периодах интенсивности роста надземной части (рис. 4), о возрасте и высоте появления новообразований в виде боковых и межмутовочных побегов (табл. 2) позволило выявить ряд закономерностей в росте подроста пихты.

Во-первых, через 2-3 года после появления боковых или межмутовочных побегов повышается интенсивность роста растений. Данное явление

объясняется увеличением ассимилирующей поверхности хвои и большим количеством структурообразующих веществ. Во-вторых, возрасту образования этих побегов соответствуют максимальные различия в линейных размерах растений в данном возрасте. Мы рассматриваем неоднородность в возрастном ряду как защиту онтогенеза отдельного растения на уровне ценопопуляции. При появлении новообразований в виде боковых или межмутовочных побегов растение переходит в качественно иное состояние.

Таблица 2

Высота и возраст образования побегов

Побег	Высота, см			Возраст, лет		
	min	max	средняя	min	max	средний
Боковой	2,8	14,6	8,89 ± 2,77	4	7	7,60 ± 2,55
Межмутовочный	27,3	86,6	51,60 ± 14,70	12	48	28,90 ± 8,08

Этот период является критическим в онтогенезе, так как переход требует значительного количества энергии и структурообразующих веществ. Его преодоление обеспечивается наличием в ценопопуляции растений одного календарного возраста, значительно различающихся линейными размерами. Данное явление на уровне ценопопуляции способствует расширению экологической ниши вида древесного растения, сокращению элиминации в постоянно меняющихся условиях среды, поддерживает высокий уровень численности популяции и в конечном итоге обеспечивает ее устойчивость.

Выводы

1. В изученных лесорастительных условиях отмечены значительные различия линейных размеров растений пихты сибирской одного календарного возраста.
2. Образование ксилоризомы является одной из форм адаптации, позволяющей подросту длительное время существовать в пессимальных условиях под пологом древостоя.
3. В росте надземной части подроста выявлены три периода интенсивности роста, которые соответствуют фактическому преодолению растением отдельных ярусов травянистой растительности.
4. Изменение интенсивности роста растений пихты сибирской по высоте связано с появлением новообразований в виде боковых или межмутовочных побегов, что обусловлено увеличением ассимилирующей поверхности хвои.
5. Установленные закономерности роста и развития пихты сибирской на начальных этапах онтогенеза являются составляющими экологической видоспецифичности, которые позволяют растениям успешно возобновляться под пологом древостоев и выдерживать конкуренцию с неморальными видами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойченко, А.М. О методических особенностях определения возраста у подростка хвойных, растущих в северной тайге [Текст] / А.М. Бойченко // Лесн. журн. – 1969. – № 6. – С. 151–152. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Давыдычев, А.Н. Феномен различия календарного и биологического возрастов ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато [Текст] / А.Н. Давыдычев, А.Ю. Кулагин // Лесн. вестн. Москов. гос. ун-та леса. – 2004. – № 4. – С. 28–32.
3. Дервиз-Соколова, Т.Г. Анатомо-морфологическое строение *Salix polaris* Wahlb. и *S. phlebophylla* Anderss [Текст] / Т.Г. Дервиз-Соколова // Бюл.МОИП. – 1966. – № 2. – С. 28–39.
4. Зубарева, Р.С. Особенности роста молодых поколений ели и пихты в широколиственно-темнохвойных лесах Среднего Урала [Текст] / Р.С. Зубарева // Динамика и строение лесов на Урале. – Свердловск: Изд-во АН СССР, 1970. – С. 135–150.
5. Кожевникова, Н.Д. Биология и экология тянь-шаньской ели [Текст] / Н.Д. Кожевникова. – Фрунзе: Илим, 1982. – 240 с.
6. Корчагин, А.А. Определение возраста деревьев умеренных широт [Текст] / А.А. Корчагин // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 2. – С. 209–241.
7. Кулагин, Ю.З. Хвойные лесообразователи и экологическое прогнозирование [Текст] / Ю.З. Кулагин // Экология хвойных. – Уфа: БФАН СССР, 1978. – С. 5–21.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия [Текст] / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
9. Марадудин, И.И. Особенности роста в высоту подростка пихты сибирской под пологом леса на Салаире [Текст] / И.И. Марадудин // Продуктивность и восстановительная динамика лесов Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 228–232.
10. Мартыянов, Н.А. Анализ высотно-возрастной структуры подростка хвойных в различных типах леса [Текст] / Н.А. Мартыянов // Экология хвойных. – Уфа: БФАН СССР, 1978. – С. 63–85.
11. Мартыянов, Н.А. Широколиственно-хвойные леса Уфимского плато [Текст] / Н.А. Мартыянов, А.А. Баталов, А.Ю. Кулагин. – Уфа: Гилем, 2002. – 222 с.
12. Письмеров, А.В. Лесная растительность Уфимского плато [Текст] / А.В. Письмеров // Горные леса Южного Урала. – Уфа: Башкир. кн. изд-во, 1971. – С. 109–118.
13. Придня, М.В. Опыт определения возраста у подростка ели сибирской по сердцевинным узлам [Текст] / М.В. Придня // Лесоведение. – 1967. – № 5. – С. 72–77.
14. Чайлахян, М.Х. Терминология роста и развития высших растений [Текст] / М.Х. Чайлахян [и др.]. – М.: Наука, 1982. – 96 с.

Институт биологии
Уфимского ИЦ РАН

Поступила 20.05.05

A.Yu. Kulagin, A.N. Davydychev

**Peculiarities of Fir Trees Growth at Initial Ontogenesis Stages
in Broad-leaved-coniferous Forests of Ufa Upland**

Peculiarities of fir tree growth in different forest-growing conditions are revealed: irregularity of plants referring to one calendar year, presence of xylorisode, intensive growth periods.

УДК 630* 453.787

Е.В. Колтунов

Колтунов Евгений Владимирович родился в 1948 г., окончил в 1977 г. Томский государственный университет, доктор биологических наук, заведующий лабораторией защиты растений Ботанического сада УрО РАН. Имеет 90 печатных трудов в области инфекционной патологии и популяционной экологии лесных насекомых-фитофагов.



ФАКТОРЫ ДЕФОЛИАЦИИ КРОНЫ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Обсуждены основные факторы чувствительности к дефолиации березовых лесов Зауралья, нарушенных антропогенной дигрессией. Установлено, что устойчивость березы детерминируется комплексом эдафоценоотических, частотой и интенсивностью воздействия стрессовых факторов (засух). Уровень антропогенной дигрессии был одним из дополнительных факторов, его вклад незначителен.

Ключевые слова: лесостепь, береза, дефолиация, комплекс факторов, непарный шелкопряд.

Известно, что степень дефолиации крон древостоев в очагах массовых размножений насекомых-фитофагов обуславливается комплексом популяционных (плотность популяции насекомых в кроне, выживаемость), климатических (температура, влажность воздуха), почвенных (влажность почвы, содержание элементов минерального питания, pH) и фитоценоотических (лесотаксационные параметры древостоя) факторов [2, 4, 6, 18, 20]. Основными абиотическими факторами временной потери устойчивости и возрастания чувствительности к дефолиации служат периодические засухи, которые сопровождаются стрессовой реакцией древостоев и физиолого-биохимическими сдвигами, повышающими кормовую ценность питательного субстрата (листья и хвоя) и выживаемость популяций [3, 5, 9, 15, 19].

Почвенно-эдафические параметры относятся к наиболее важным факторам, детерминирующим дефолиацию крон. К ним относятся влажность почв, их минеральный состав и физико-механические свойства. В ксерофитных экотопах дефолиация древостоев значительно выше, чем во влажных [2, 8, 10, 18]. Возникновение очагов часто связывают с наиболее бедными по минеральному составу почвами [4, 12, 14].

Важное значение имеют также фитоценоотические факторы: структура, возраст древостоя, его состав [2, 4, 15, 16, 21, 22]. Заметно влияние микро- и мезорельефа, наименее устойчивы к дефолиации березняки, растущие на микроповышениях [2, 4, 6, 12].

Одним из основных факторов трансформации лесных биогеоценозов стало воздействие также антропогенных нагрузок на устойчивость древостоев к дефолиации, особенно хвойных [4]. Однако до настоящего времени эта проблема остается недостаточно изученной. Нет количественных данных о влиянии насекомых-фитофагов на дефолиацию древостоев, хотя имеются сообщения о том, что первичные очаги массового размножения непарного шелкопряда наиболее часто возникали в участках леса, локально нарушенных антропогенными факторами [4, 6, 12].

Наши исследования проводились в 1988–1997 гг. в очагах массового размножения зауральской популяции непарного шелкопряда в подзонах северной предлесостепи, южной лесостепи и степи Зауралья, в колковых березовых лесах Челябинской и Свердловской областей. На постоянных и временных пробных площадях фиксировали лесотаксационные параметры древостоя (полнота, плотность, средняя высота, средний диаметр, класс бонитета, возраст), а также стадии антропогенной трансформации, пораженность березы бактериальной водянкой, количество фауных и процент порослевых деревьев; физико-химический состав почвы, травяной ярус и популяцион-

4*

Таблица 1

Корреляционный анализ взаимосвязи уровня чувствительности к дефолиации березы повислой и основных параметров биогеоценозов

Параметр	<i>r</i>	<i>P</i>
Эруптивная фаза вспышки		
Полнота	0,9351	0,0312
Средний диаметр древостоя	0,6184	0,0313
Плотность древостоя	-0,3381	0,3681
Класс бонитета	-0,3472	0,2572
Возраст	0,7678	0,0035
Средняя высота древостоя	0,8115	0,0004
Стадия антропогенной трансформации	-0,6721	0,0211
pH почвы	-0,6663	0,0325
Содержание в почве:		
азота	0,5619	0,0373
фосфора	-0,5592	0,0028
калия	-0,3221	0,3631
Гидролитическая кислотность почв	0,7341	0,0028
Средний радиальный прирост	-0,6392	0,0032
Мощность гумусовых горизонтов почв	-0,2599	0,0322
Число поселений ксилофагов	0,9699	0,0000
Число фауных деревьев	0,7575	0,0112
Пораженность березы бактериальной водянкой	0,7402	0,0092
Подрост	-0,6178	0,0185
Процент порослевых деревьев	0,3600	0,0365
Фаза затухания вспышки		
Мощность гумусовых горизонтов почв	0,5912	0,0352

рН почвы	0,7176	0,0316
Плотность древостоя	-0,5731	0,0521
Содержание в почве:		
гумуса	0,9024	0,0166
фосфора	0,5005	0,2661
азота	0,4712	0,2117
калия	-0,1261	0,3271
Гидролитическая кислотность почв	0,1210	0,4451
Полнота	0,4559	0,0721
Стадии антропогенной трансформации	0,2366	0,2914
Средняя высота древостоя	0,1487	0,4211
Средний диаметр древостоя	-0,2136	0,3229

ные параметры (среднее число кладок и яиц на 1 дерево, отрождаемость кладок, плотность популяции гусениц в кроне, выживаемость гусениц). Процент дефолиации крон определяли визуально.

Учитывая тесную взаимосвязь степени дефолиации кроны березы с плотностью популяции непарного шелкопряда, для исследований отбирали варианты с одинаковой заселенностью деревьев кладками вредителя и исходной плотностью популяции гусениц в кроне.

На пробных площадях устанавливали видовой состав травяного яруса, состав экологических групп, фитомассу надземной части, количество экземпляров каждого вида [11]. В почвенных пробах определяли: влажность, содержание валового и подвижного азота, фосфора, калия, гумуса, кальция, натрия, сульфатов, хлоридов, карбонатов, бикарбонатов, рН почв, гидролитическую кислотность [1].

Уровень антропогенной дигрессии (пастбищная и рекреационная) определяли по стадиям, анализируя соотношение различных экологических групп травяного яруса и структуры древостоя [8]. Полученные результаты обрабатывали статистически, определяя t-критерий Стьюдента [13].

Как показали результаты корреляционного анализа, в продромальной и эруптивной фазах вспышки степень дефолиации крон березы в лесостепи, нарушенной антропогенными факторами, при одинаковой заселенности кладками непарного шелкопряда, детерминируется сочетанием эдафотопических и фитоценологических факторов (табл. 1, 2). Очаги возникали в березняках, растущих на кислых, бедных фосфором почвах. Очень тесная прямая корреляционная связь выявлена между уровнем дефолиации кроны березы и полнотой, возрастом, средней высотой и средним диаметром деревьев в очагах (см. табл. 1). Соответственно наибольшей дефолиации подвергались березы с большими полнотой, возрастом, средней высотой и диаметром.

Значительный вклад в степень дефолиации крон березы вносят такие эдафотопические факторы, как рН почв, содержание фосфора и азота и гидролитическая кислотность почв. Высокий уровень дефолиации крон березы в фазах вспышки наблюдался на обеспеченных азотом, но бедных фосфором почвах с низким рН (табл. 2). По нашему мнению, механизм избирательной дефолиации обусловлен временным возрастанием чувствительности к дефо-

лиации (снижением устойчивости), как установлено нами ранее, за счет более быстрой реакции на стресс (наступление засухи) березняков, растущих на кислых почвах, преимущественно солодых и бедных серых лесных [7, 8] (рис. 1). Это было связано с заметным падением годовичного радиального прироста (табл. 2). В целом же сильную потерю энтоморезистентности мы связываем с низким рН и дефицитом фосфора в почве. Древостои с высокими показателями рН почв, богатых фосфором и азотом, и годовичного радиального прироста при большой плотности заселения их жизнеспособными яйцекладками непарного шелкопряда имеют незначительную степень дефолиации крон (10 ... 15 %).

Таблица 2
Физико-химический состав почв в очагах, детерминирующий уровень чувствительности березы повислой к дефолиации

Фаза вспышки	рН почв	t / P	Содержание азота	t / P	Содержание фосфора	t / P	Годичный радиальный прирост в год дефолиации, мм
Продромальная	5,44±0,39	-3,492	52,392±13,941	0,760	16,606±5,783	0,980	0,76±0,20
	6,23±0,35	0,0047	53,733±12,862	0,4600	41,232±12,311	0,4300	1,93±0,78
Эруптивная	5,48±0,41	-3,478	64,598±17,046	4,569	14,119±3,412	-3,714	0,73±0,21
	6,21±0,35	0,0051	44,472±11,518	0,0025	55,368±13,845	0,0029	1,89±0,79
Затухания	6,34±0,15	6,064	43,193±11,705	2,010	42,740±11,235	1,962	2,02±0,86
	5,42±0,08	0,0008	51,391±8,237	0,2670	34,620±8,421	0,2781	1,05±0,16
Низкая чувствительность в течение вспышки	5,34±0,52	-	56,698±13,463	-	62,726±14,335	-	1,22±0,26

Примечание. В числителе данные при высокой, в знаменателе – при низкой чувствительности.

Интересна выявленная нами тесная корреляционная связь дефолиации крон березы в эруптивной фазе вспышки и фауности древостоя по количеству фауных деревьев, поселений ксилофагов и пораженности березы бактериальной водяной (см. табл. 1). Это свидетельствует о более низкой устойчивости фауных деревьев к дефолиации непарным шелкопрядом.

Не выявлено достоверной связи степени дефолиации крон березы со стадиями антропогенной дигрессии и процентом деревьев порослевого происхождения, хотя он в очагах был высок (50 ... 100 %). Отдельные экземпляры семенной березы среди порослевых также значительно дефолировались непарным шелкопрядом.

В березняках, подверженных значительной дефолиации, ниже процент деревьев диаметром 0 ... 10 см и более высоким 20 ... 30 см (рис. 1).

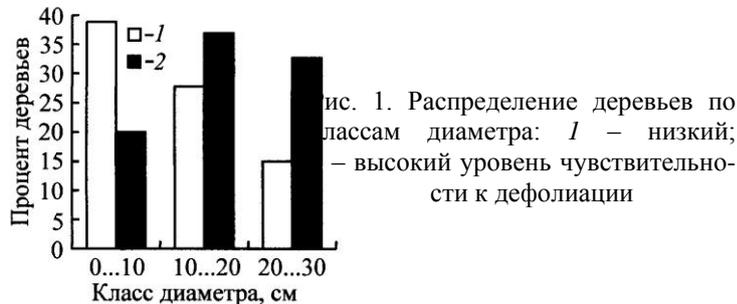
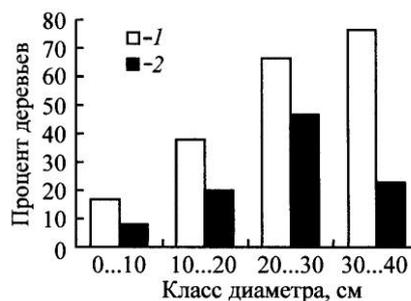


Рис. 2. Особенности дефолиации крон березы повислой в очагах непарного шелкопряда в зависимости от класса диаметра древостоя: 1 – процент дефолиации; 2 – процент деревьев каждого класса диаметра в составе древостоя



Распределение древостоев по классам диаметра отличалось от распределения деревьев наиболее дефолируемых классов диаметра (рис. 2).

В фазе затухания вспышки наиболее тесная корреляционная зависимость наблюдалась между степенью дефолиации кроны березы и эдафотопическими факторами (табл. 1, 2). Это рН почв, содержание гумуса, фосфора и мощность гумусовых горизонтов. В фазе затухания дефолиация выражена сильнее в березняках, растущих на почвах с высоким показателем рН, хорошо обеспеченных азотом и фосфором, имеющих большой годичный радиальный прирост, мощный гумусовый горизонт. В предыдущие фазы вспышки древостои в таких эдафотопических условиях имели низкую чувствительность к дефолиации (табл. 2). Этот механизм хорошо объясняется с точки зрения задержки реакции древостоев на стресс (засуху) [8, 9].

Ранее нами показано, что березы, растущие на кислых, бедных фосфором почвах, при весенне-летних засухах, обычно предшествующих вспышкам, быстрее реагировали на стресс, чем растущие на почвах с более высоким показателем рН, хорошо обеспеченных фосфором и калием [8, 9]. Стрессовое воздействие и реакция на стресс сопровождаются временным повышением чувствительности к дефолиации и улучшением биохимического состава кормового субстрата (листьев). Но после однократной дефолиации за счет функционирования механизма индуцированной энтоморезистентности, препятствующего повторной сильной дефолиации, эти березняки трансформируются в высокорезистентные древостои [17]. Этот механизм эффективно функционирует и в березняках, значительно нарушенных рекреационной и пастбищной дигрессией, включая 4-ю стадию. Поэтому, не-

смотря на их высокую заселенность яйцекладками непарного шелкопряда, дефолиация кроны в фазе затухания вспышки не превышала 20 ... 25 % вследствие низкой выживаемости гусениц. В связи с тем, что березы, растущие на почвах с более высоким показателем рН и хорошо обеспеченных азотом и фосфором, реагируют на абиотический стресс (засуху) с задержкой (в среднем на 1 год [8, 9]), временное возрастание чувствительности к дефолиации также происходит позже. Поэтому смена эдафотопических факторов, детерминирующих степень дефолиации кроны березы в разные фазы вспышки, вполне очевидна.

Исследования показали, что чувствительность березы повислой (*Betula pendula* Roth.) к дефолиации в Зауралье в среднем ниже, чем у березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.).

Итак, факторы, детерминирующие параметры дефолиации крон березы повислой в различные фазы вспышки, существенно различались. Незменными оставались лишь возрастные колебания чувствительности (повышение с возрастом, высотой и средним диаметром березы); тесная ее взаимосвязь с числом деревьев, заселенных ксилофагами, пораженных бактериальной водяной и другими болезнями. Практически всегда березняки с высокой чувствительностью к дефолиации были связаны с более ксерофитными экотопами.

Вклад антропогенных факторов (пастбищная и рекреационная дигрессия) в возрастание чувствительности березы повислой к дефолиации в лесостепи Зауралья очень незначителен. Древостои, растущие в нарушенных антропогенным воздействием экотопах (вплоть до 4-й стадии антропогенной трансформации), не были более чувствительны к дефолиации по сравнению с менее нарушенными (на 2-3-й стадиях).

Детерминирующими параметрами чувствительности березы к дефолиации (ожидаемого уровня дефолиации крон) было сочетание абиотических, фитоценологических и эдафотопических факторов. Сильное временное возрастание уровня чувствительности березы повислой к дефолиации в лесостепи Зауралья после воздействия стресса (наступление засухи) является ключевым фитоценологическим фактором, детерминирующим значительное повышение выживаемости популяции непарного шелкопряда и быстрый подъем его численности. Другим важным фактором были временные различия в реакции на абиотический стресс древостоев, растущих в разных эдафотопических условиях.

Мы предполагаем, что механизм временной дифференциации древостоев на значительно и слабо реагирующие на стресс обусловлен снижением в первой подгруппе интенсивности поглощения ионов корневой системой березы на почвах с низкими рН, содержанием фосфора, слабой влагообеспеченностью. Позже на стресс реагируют березняки на сравнительно более богатых почвах, преимущественно серых лесных и черноземах, с более высоким рН.

Основную роль в снижении потенциала реализации вспышек непарного шелкопряда в лесах, нарушенных антропогенными факторами, играет

фактор индуцированной дефолиацией, а не природной энтоморезистентности. Последняя очень низка в березовых лесах южной лесостепи и степи Зауралья, формировавшихся в условиях постоянного воздействия стрессовых факторов.

Следовательно, уровень ожидаемой дефолиации крон березы в лесах, нарушенных антропогенной дигрессией, определяется в основном лесорастительными условиями, частотой и интенсивностью воздействия стрессовых факторов (засух). Антропогенные факторы (рекреационная и пастбищная дигрессия) имеют лишь дополнительное значение. Рубки леса и порослевое возобновление также не являются важным фактором возрастания чувствительности березы к дефолиации. В условиях периодического воздействия стрессовых факторов формируются березняки с высокой чувствительностью к дефолиации (высоким уровнем ожидаемой дефолиации) и низкой продуктивностью. Так, в северной предлесостепи, где интенсивность и продолжительность засух ниже, продуктивность березняков значительно выше, а их чувствительность к дефолиации заметно ниже, тогда как в южной предлесостепи и степи Зауралья она значительно падает. Но параллельно возрастанию чувствительности к дефолиации в низкопродуктивных березовых лесах заметно повышается их энтомотолерантность, что мы рассматриваем как механизм адаптивной коэволюции в системе фитофаг – фитоценоз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1962. – 492 с.
2. *Бенкевич, В.И.* Массовые появления непарного шелкопряда в европейской части СССР [Текст] / В.И. Бенкевич. – М.: Наука, 1984. – 142 с.
3. *Васильева, Т.Г.* Особенности развития и размножения античной волнянки на хвойных породах Восточной Сибири [Текст] / Т.Г. Васильева // Хвойные деревья и насекомые-дендрофаги. – Иркутск: СИФИБР СО РАН СССР, 1978. – С. 85–95.
4. *Воронцов, А.И.* Патология леса [Текст] / А.И. Воронцов. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 270 с.
5. *Гримальский, В.И.* Устойчивость сосновых насаждений против хвоелистогрызущих вредителей [Текст] / В.И. Гримальский. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 166 с.
6. *Ильинский, А.И.* Непарный шелкопряд и меры борьбы с ним [Текст] / А.И. Ильинский. – Л.: Гослесбумиздат, 1959. – 62 с.
7. *Колтунов, Е.В.* Закономерности развития очагов хвоелистогрызущих насекомых лесов Зауралья в условиях антропогенного воздействия и научное обоснование мер борьбы с ними [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е.В. Колтунов. – Екатеринбург, 1996. – 48 с.
8. *Колтунов, Е.В.* Насекомые-фитофаги лесных биогеоценозов в условиях антропогенного воздействия [Текст] / Е.В. Колтунов. – Екатеринбург: Наука, 1993. – 137 с.
9. *Колтунов, Е.В.* Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия [Текст] / Е.В. Колтунов, В.И. Пономарев, С.И. Федоренко. – Екатеринбург: Наука. Ур. отд., 1998. – 216 с.

10. *Кондаков, Ю.П.* Закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда [Текст] / Ю.П. Кондаков // Экология популяций лесных животных Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 206–265.
11. *Работнов, Т.А.* Фитоценология [Текст] / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 384 с.
12. *Распопов, П.М.* Динамика очагов массового размножения шелкопряда-монашенки и других вредителей леса северо-западной части Челябинской области [Текст] / П.М. Распопов // Тр. Ильменского заповедника. – Свердловск, 1961. – Вып. 8. – С. 171–182.
13. *Рокицкий, П.Ф.* Биологическая статистика [Текст] / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1973. – 320 с.
14. *Руднев, Д.Ф.* Влияние физиологического состояния растений на массовое размножение вредителей леса [Текст] / Д.Ф. Руднев // Зоол. журн. – 1962. – Т. 41, вып. 3. – С. 313–329.
15. *Ханисламов, М.Г.* О ведущих условиях начала вспышек хвое-листогрызущих вредителей [Текст] / М.Г. Ханисламов // Вопросы лесозащиты. – М., 1963. – Т. 2. – С. 150–162.
16. *Campbell, R.* Tree condition and mortality following defoliation by the gypsy moth [Text] / R. Campbell, H.T. Valentine. – USDA Forest Service. Res. Pap. NE -236, 1972.
17. *Haukioja, E.* Retarded growth of a geometrid larva after mechanical damage to leaves of its host tree [Text] / E. Haukioja, P. Niemela // Annals of Zoology Fennica. – 1978. – Vol. 14. – P. 48–62.
18. *Houston, D.R.* Comparing and predicting forest stand susceptibility to gypsy moth [Text] / D.R. Houston, H.T. Valentine // Can J. For. Res. – 1977. – N 7. – P. 447–461.
19. *Koltunov, E.V.* The abiotic stress as a factor responsible for gypsy moth outbreaks [Text] / E.V. Koltunov, E.M. Andreeva // J. Appl. Ent. – 1999. – Vol. 123, N 10. – P. 633–636.
20. *Liebhold, A.M.* Landscape characterization of forest susceptibility to gypsy moth defoliation [Text] / A.M. Liebhold, J.A. Elmes, J. Quimby // Forest Science. – 1994. – N 40. – P. 18–29.
21. *Liebhold, A.M.* Suitability of North American Tree Species to Gypsy Moth: A summary of field and laboratory tests [Text] / A.M. Liebhold [et al.]. – USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-237, 1995.
22. *Wallner, W.* The gypsy moth. A Westward migrant [Text] / W. Wallner, M. Montgomery // Dynamic of forest insect populations. – 1988. – P. 354–375.

Ботанический сад УрО РАН

Поступила 02.06.06

E.V. Koltunov

Defoliation Factors of Birch Crown in Forest-steppe of Zauralje in Conditions of Anthropogenic Impact

The main factors of defoliation sensitivity of Zauralje birch forests disturbed by anthropogenic digression are discussed. It is established that birch tolerance is determined by complex of edaphocoenotic factors, frequency and intensity of stressful factors

influence (drought). The level of anthropogenic digression was one of the additional factors, its impact being insufficient.



УДК 531

С.И. Морозов, М.В. Попов

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 180 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



Попов Михаил Витальевич родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 научных трудов в области конструирования, технологии ремонта и содержания верхнего строения лесовозных узкоколейных железных дорог.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Выведены расчетные зависимости при соударении плоских тел, которые вместе с материалами расследования случаев соударения автомобилей на практике позволяют дать объективную оценку ДТП.

Ключевые слова: плоские тела, удар, расчетные зависимости.

Явление удара тел широко встречается в технике, в том числе на лесозаготовках и лесотранспорте: при валке деревьев, погрузке и разгрузке бревен, ударе плотов о наплавные сооружения и т.д. Поэтому необходимо знать методы и способы решения таких задач.

Общеизвестно [1, 5], что в нормальных условиях автомобили перемещаются в плоскости дороги, т.е. совершают плоско-параллельное движение. При их соударении необходимо знать в общем случае способы решения задачи теоретической механики о движении плоских тел, в частности соударении двух плоских тел. В этом и состоит цель данной статьи.

Расчетная схема показана на рис. 1. Два тела (1 и 2) массами m_1 и m_2 (1 – ударяющее, 2 – ударяемое) движутся до удара со скоростями v_1 и v_2 центров масс C_1 и C_2 и соударяются в точке E . Линия cd проходит через

точку касания тел E и направлена по нормали к поверхности тел в точке E . Ее называют линией удара.

На этой линии лежат нормальные оси координат n_1 и n_2 . Они имеют начало в точке E и направлены внутрь каждого тела. Касательные оси координат τ_1 и τ_2 направлены перпендикулярно к нормальным ($\tau_1 \perp n_1$, $\tau_2 \perp n_2$). Оси n , τ и b образуют между собой правостороннюю систему координат (оси b_1 и b_2 – бинормали).

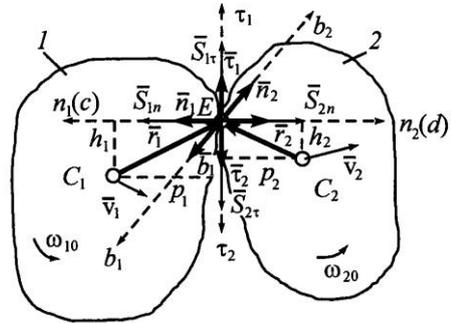


Рис. 1. Расчетная схема

На рис. 1 обозначены:

\bar{S}_{1n} , \bar{S}_{2n} – импульсы нормальных реакций;

$\bar{S}_{1\tau}$, $\bar{S}_{2\tau}$ – импульсы касательных реакций;

ω_{10} , ω_{20} – угловые скорости тел до удара;

h_1 , p_1 , h_2 , p_2 – координаты точек C_1 и C_2 в системах координат n_1 , τ_1 и n_2 , τ_2 ;

\bar{r}_1 , \bar{r}_2 – радиусы-векторы точки E , проведенные из точек C_1 и C_2 ;

\bar{n}_1 , \bar{n}_2 , $\bar{\tau}_1$, $\bar{\tau}_2$ – орты осей плоской системы координат.

Согласно аксиомам механики имеем

$$\bar{S}_{1n} = -\bar{S}_{2n} \text{ или } S_{1n} = S_{2n};$$

$$\bar{S}_{1\tau} = -\bar{S}_{2\tau} \text{ или } S_{1\tau} = S_{2\tau}.$$

Составляем расчетные уравнения, пользуясь тем, что всякое перемещение плоской фигуры в ее плоскости можно осуществить при помощи двух движений: поступательного вместе с полюсом (за который в данном случае принимаем центры масс C_1 и C_2) и вращательного вокруг полюса [1].

Пользуясь теоремой о движении центров масс (об изменении импульсов центров масс) и теоремой об изменении моментов количества движения, получаем шесть уравнений [3]: четыре первых – при поступательном движении, два вторых – при вращательном.

$$\begin{aligned} m_1(\bar{u}_1\bar{\tau}_1 - \bar{v}_1\bar{\tau}_1) &= S_{1\tau}; \\ m_1(\bar{u}_1\bar{n}_1 - \bar{v}_1\bar{n}_1) &= S_{1n}; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} m_2(\bar{u}_2\bar{\tau}_2 - \bar{v}_2\bar{\tau}_2) &= S_{2\tau}; \\ m_2(\bar{u}_2\bar{n}_2 - \bar{v}_2\bar{n}_2) &= S_{2n}; \end{aligned}$$

$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{p_1 S_{1\tau}}{I_1} + \frac{h_1 S_{1n}}{I_1}; \quad (2)$$

$$\omega_2 = \omega_{20} + \frac{p_2 S_{2\tau}}{I_2} + \frac{h_2 S_{2n}}{I_2},$$

где I_1 , I_2 – моменты инерции тел 1 и 2.

В эти шесть уравнений входят восемь неизвестных величин:

$$\begin{aligned}\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 &= \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{\bar{S}_{1\tau}}{m_1}; \\ \bar{u}_1 \bar{n}_1 &= \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \frac{\bar{S}_{1n}}{m_1}; \\ \bar{u}_2 \bar{\tau}_2 &= \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \frac{\bar{S}_{2\tau}}{m_2}; \\ \bar{u}_2 \bar{n}_2 &= \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \frac{\bar{S}_{2n}}{m_2}; \\ \omega_1 &= \omega_{10} + \frac{p_1 S_{1\tau}}{I_1} + \frac{h_1 S_{1n}}{I_1}; \\ \omega_2 &= \omega_{20} + \frac{p_2 S_{2\tau}}{I_2} + \frac{h_2 S_{2n}}{I_2}.\end{aligned}$$

Таким образом, для решения задачи удара двух плоских тел полностью необходимо определить еще две дополнительные величины. Одну из них получим по условию Ньютона [5]:

$$\bar{u}'_1 \bar{n}_1 + \bar{u}'_2 \bar{n}_2 = -\varepsilon(\bar{v}'_1 \bar{n}_1 + \bar{v}'_2 \bar{n}_2), \quad (3)$$

где штрихом обозначены скорости точки E до и после удара.

Выразим их через скорости точек C_1 и C_2 [1]:

$$\begin{aligned}\bar{v}'_1 &= \bar{v}_1 + \bar{\omega}_{10} \times \bar{r}_1; & \bar{u}'_1 &= \bar{u}_1 + \bar{\omega}_1 \times \bar{r}_1; \\ \bar{v}'_2 &= \bar{v}_2 + \bar{\omega}_{20} \times \bar{r}_2; & \bar{u}'_2 &= \bar{u}_2 + \bar{\omega}_2 \times \bar{r}_2.\end{aligned} \quad (4)$$

Подставим (4) в (3) и, преобразовывая, получим первое дополнительное уравнение в виде

$$(1 + \varepsilon)A_1 + S_n G + S_\tau H = 0, \quad (5)$$

где A_1 – скоростной коэффициент в момент начала удара, $A_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \bar{h}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{h}_2 \bar{\omega}_{20}$;

G, H – инерциальные коэффициенты:

$$\begin{aligned}G &= \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{h_1^2}{I_1} + \frac{h_2^2}{I_1}; \\ H &= \frac{p_1 h_1}{I_1} + \frac{p_2 h_2}{I_2}.\end{aligned}$$

Второе дополнительное уравнение накладывает ограничения на проскальзывание соударяющихся тел в точке E . Здесь возможны три случая:

а) тела гладкие: $S_\tau = 0$;

б) удар происходит с проскальзыванием в точке E : $S_\tau = S_n f_d$, где f_d – динамический коэффициент трения;

в) удар в точке E происходит без проскальзывания. При этом должно выполняться условие

$$\bar{u}'_1 \bar{v}_1 + \bar{u}'_2 \bar{v}_2 = 0,$$

отсюда

$$A_2 + G_1 S_\tau + HS_n = 0, \tag{6}$$

где A_2 – скоростной коэффициент после удара,

$$A_2 = \bar{u}'_1 \bar{v}_1 + \bar{u}'_2 \bar{v}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{p}_2 \bar{\omega}_{20};$$

G_1 – инерциальный коэффициент,

$$G_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{p_2^2}{I_1}.$$

Совместное решение уравнений (5) и (6) сводим в табл. 1.

Таблица 1

Вид взаимодействия тел в точке соударения	Расчетные уравнения	
	S_τ	S_n
С проскальзыванием	$S_n f_d$	$-\frac{(1+\varepsilon)A_1}{G + Hf_d}$
Без проскальзывания	$\frac{H(1+\varepsilon)A_1 - GA_2}{B}$	$\frac{HA_2 - G_1(1+\varepsilon)A_1}{B}$

Примечание. B – дополнительный инерциальный коэффициент, $B = GG_1 - H^2$.

Таким образом, задача о соударении двух плоских тел нами решена полностью. Аналогичное решение приведено в работе [2], где дана ссылка на работу [4, 5] с замечанием о физическом смысле коэффициента восстановления ε .

Пример. Удар бревна (в плоскости рисунка) о платформу. Бревно массой $m_1 = 400$ кг и длиной $2\ell = 4$ м падает с некоторой высоты на платформу массой $m_2 = 1600$ кг, шириной $2L = 2$ м, толщиной $\Delta = 0,1$ м (рис. 2). Рессорами (пружинами) она связана с неподвижной поверхностью дороги. Соударение бревна с платформой происходит в точке E . Расстояние ее до вертикальной оси платформы $a = 0,5$ м.

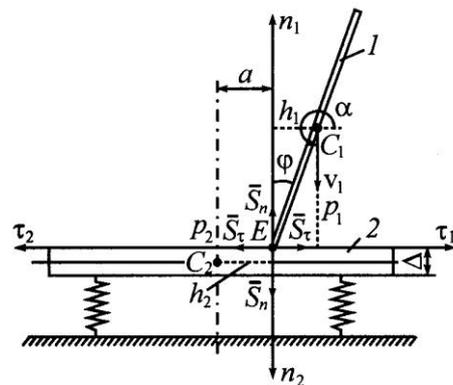


Рис. 2. Удар бревна о платформу

В момент соударения скорость центра масс бревна $v_1 = 2$ м/с и направлена по вертикали вниз. До удара платформа неподвижна, т.е. $v_2 = 0$. Также равны нулю скорости вращения бревна и платформы до удара: $\omega_{10} = 0$; $\omega_{20} = 0$. Угол наклона бревна к вертикали в момент удара $\varphi = 30^\circ$.

Удар является частично упругим. Считая пол платформы деревянным, полагаем $\varepsilon = 0,5$ [2].

Рассмотрим решение задачи по этапам.

1. Находим вспомогательные величины. На рис. 2 для каждого тела показаны: оси координат τ и n , импульсы ударных сил S_τ и S_n , координаты центров масс (точек C_1 и C_2), расчетный угол α_1 для скорости v_1 . Согласно рисунку $\alpha_1 = 270^\circ$.

По рис. 2 находим

$$p_1 = \ell \cos \varphi = 2 \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} = 1,732 \text{ м};$$

$$h_1 = \ell \sin \varphi = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м};$$

$$p_2 = \frac{1}{2} \Delta = 0,05 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,5 \text{ м}.$$

2. Вычисляем значения моментов инерции тел 1 и 2 относительно точек C_1 и C_2 , рассматривая оба тела как стержни:

$$I_1 = \frac{m_1 (2\ell)^2}{12} = \frac{400 \cdot 4^2}{12} = 533 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$I_2 = \frac{m_2 (2L)^2}{12} = \frac{1600 \cdot 2^2}{12} = 533 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

3. Определяем инерциальные и скоростные коэффициенты:

$$G = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{h_1^2}{I_1} + \frac{h_2^2}{I_2} = \frac{1}{400} + \frac{1}{1600} + \frac{1^2}{533} + \frac{0,5^2}{533} = 5,470 \cdot 10^{-3} \text{ кг}^{-1};$$

$$G_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{p_2^2}{I_2} = \frac{1}{400} + \frac{1}{1600} + \frac{1,732^2}{533} + \frac{0,05^2}{533} = 8,755 \cdot 10^{-3} \text{ кг}^{-1};$$

$$H = \frac{\bar{p}_1 \bar{h}_1}{I_1} + \frac{\bar{p}_2 \bar{h}_2}{I_2} = -\frac{1,732 \cdot 1}{533} - \frac{0,05 \cdot 0,5}{533} = -3,294 \cdot 10^{-3} \text{ кг}^{-1};$$

$$B = G G_1 - H^2 = 3,727 \cdot 10^{-5} \text{ кг}^{-1};$$

$$A_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \bar{h}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{h}_2 \bar{\omega}_{20} = \bar{v}_1 \bar{n}_1 = -2 \text{ м/с};$$

$$A_2 = \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{p}_2 \bar{\omega}_{20} = 0.$$

4. По формулам из табл. 1 вычисляем импульсы ударных сил для различных коэффициентов трения торца бревна о платформу. Результаты расчетов приведены в табл. 2. Эти данные показывают, что с увеличением

Таблица 2

Значения f_d	Наличие проскальзывания	Расчетные значения, Н·с	
		S_τ	S_n
0	Есть	0	548,56
0,1	»	58,37	583,70
0,2	»	124,73	632,67
0,3	»	200,85	669,52
$\geq 0,376$	Нет	265,15	704,72

шероховатости поверхности тел значения импульсов S_τ и S_n возрастают. При $f_d = 0,376$ они достигают максимума, т.е. проскальзывания не будет.

Если проскальзывания тел в точке их соударения не происходит, то значения импульсов находят по формулам табл. 1. При $A_2 = 0$ получаем

$$S_\tau = \frac{H(1+\varepsilon)A_1}{B}; \quad S_n = \frac{G_1(1+\varepsilon)A_1}{B}.$$

Подставляя эти выражения в формулу

$$S_\tau \leq S_n f_d,$$

находим предельное значение коэффициента трения, который обозначим f_d :

$$f_d \geq \frac{S_\tau}{S_n} = -\frac{H}{G_1}.$$

Для рассматриваемого примера

$$f_d \geq \frac{3,294 \cdot 10^{-3}}{8,755 \cdot 10^{-3}} = 0,376.$$

Соответствующие этому случаю значения S_τ и S_n равны:

$$S_\tau = \frac{-3,296 \cdot 10^{-3}(1+0,5)(-2)}{3,706 \cdot 10^{-5}} = 266,8 \text{ Н}\cdot\text{с};$$

$$S_n = -\frac{8,758 \cdot 10^{-3}(1+0,5)(-2)}{3,706 \cdot 10^{-5}} = 709,0 \text{ Н}\cdot\text{с}.$$

5. Определяем скорости центров масс после удара при отсутствии проскальзывания тел:

$$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 = v_1 \cos \alpha_1 + \frac{S_\tau}{m_1} = 2 \cos 270^\circ + \frac{266,8}{400} = 0,666 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_1 \bar{n}_1 = v_1 \sin \alpha_1 + \frac{S_n}{m_1} = 2 \sin 270^\circ + \frac{709,0}{400} = -0,228 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 = v_2 \cos \alpha_2 + \frac{S_\tau}{m_2} = \frac{266,8}{1600} = 0,167 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_2 \bar{n}_2 = v_2 \sin \alpha_2 + \frac{S_n}{m_2} = \frac{709,0}{1600} = 0,443 \text{ м/с}.$$

6. Находим угловые скорости тел после удара:

$$\omega_1 = \omega_{10} - \frac{S_n h_1}{I_1} + \frac{S_\tau p_1}{I_1} = 0 - \frac{709,0 \cdot 1}{533} + \frac{266,8 \cdot 1}{533} = -0,830 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_2 = \omega_{20} - \frac{S_n h_2}{I_2} + \frac{S_\tau p_2}{I_2} = 0 - \frac{709,0 \cdot 0,5}{533} + \frac{266,8 \cdot 0,05}{533} = -0,640 \text{ с}^{-1}.$$

Анализ результатов решения этого примера можно продолжить, например, исследовать закономерности изменения расчетных параметров от угла наклона бревна φ , а также рассмотреть движение бревна и платформы после удара и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бутенин, Н.В.* Курс теоретической механики [Текст]. Т.2 / Н.В. Бутенин, А.Я. Лунц, Д.Р. Меркин. – М.: Наука, 1971. – 362 с.
2. *Иванов, И.П.* Динамика систем с механическим соударением [Текст] / И.П. Иванов. – М.: Междунар. система образования, 1997. – 336 с.
3. *Морозов, С.И.* Классическая теория удара [Текст]: конспект лекций по соударению плоских тел / С.И. Морозов, В.С. Морозов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 45 с.
4. *Морозов, С.И.* Классическая теория удара [Текст]: конспект лекций по элементарной теории удара / С.И. Морозов, М.В. Попов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. – 30 с.
5. *Ньютон, И.* Математические начала натуральной философии [Текст] / И. Ньютон // Сб. тр. акад. А.Н. Крылова. Т. 7. – М; Л.: Изд. АН СССР, 1981. – С. 13–114.
6. *Пановко, Я.Г.* Введение в теорию механического удара [Текст] / Я.Г. Пановко. – М.: Наука, 1977. – 224 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 28.12.05

S.I. Morozov, M.V. Popov

Theoretical Bases of Investigation of Traffic Accidents

The design dependencies are drawn under collision of plane bodies that together with materials of cars collision investigation in practice allow to provide an objective assessment of traffic accidents.

УДК 628.5:629.113.2

О.Г. Климов, Е.В. Дороничева

Климов Олег Глебович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИЛМа. Имеет около 140 печатных работ в области механизации сельского и лесного хозяйства.



Дороничева Екатерина Владимировна родилась в 1963 г., окончила в 1987 г. Московский лесотехнический институт, научный сотрудник отдела экологии и охраны природы ФГУ ВНИИЛМ. Имеет 5 научных статей по вопросам влияния техногенных загрязнений на леса, нормирования кислотных выпадений.



КОНЦЕНТРАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ВЫБРАСЫВАЕМЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫМИ ТРАКТОРАМИ

Определена концентрация оксидов азота, серы, углерода и углеводородов, выбрасываемых в процессе работы лесопромышленных тракторов (машин) – ЛП-19, ЛП-30Г, ТБ-1М.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, лесопромышленные машины, ПДК вредных веществ.

В настоящее время постоянно возрастают фоновые загрязнения антропогенного происхождения, в которые существенный вклад вносит мобильная техника.

Определим концентрации загрязняющих веществ в воздухе над поверхностью земли при выполнении лесопромышленными машинами наиболее энергоемких операций в лесу.

1. Расчет выполнен при следующих допущениях:

загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу вместе с отработанными газами из выхлопной трубы трактора, распределены равномерно по объему воздуха над поверхностью почвы;

перемещение воздуха в рассматриваемом слое в горизонтальном (над поверхностью почвы) и вертикальном направлениях отсутствует, влажность воздуха близка к нулю;

концентрация загрязняющих веществ в слое воздуха сохраняется неизменной в течение 30 мин;

трактор (группа тракторов) работает в течение 1 ч без остановок в соответствии с технологической картой на выполнение работ.

У обычных промышленных тракторов выхлопная труба расположена в вертикальном положении, а у лесопромышленных – горизонтально на высоте 1 м от поверхности почвы.

Струя отработанных газов поступает из среза выхлопной трубы, находящейся на высоте не более 4,1 м от поверхности почвы. Она достаточно быстро рассеивается и охлаждается. Исследованиями НАТИ установлено, что подогрев окружающего воздуха от струи отработанных газов на расстоянии 5 м от среза выпускной трубы (по ее оси) не превышает 3 °С, а на расстоянии более 6 м практически отсутствует. С учетом этого высоту слоя воздуха над почвой, в котором концентрация загрязняющих веществ постоянна, для лесопромышленных тракторов можно принять равной 5 м.

Концентрацию загрязняющих веществ в воздухе $g_{в.з.в_i}$ (мг/м³) определяли по формуле

$$g_{в.з.в_i} = g_{з.в_i} N_e / (10 W_{экс} H),$$

где $g_{з.в_i}$ – удельный выброс i -го загрязняющего вещества, г/(кВт·ч), по нормам [1] для оксидов серы $g_{з.в_i} = 1,2$ г/(кВт·ч);

N_e – мощность двигателя трактора при выполнении той или иной операции по технологическим картам, кВт;

$W_{экс}$ – производительность МТА за 1 ч эксплуатационного времени;

H – высота слоя воздуха, в котором принято равномерное распределение загрязняющих веществ, м.

Результаты расчетов концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ на наиболее энергоемких лесосечных работах приведены в табл. 1.

При условии, что концентрация отработанных газов остается постоянной в слое воздуха толщиной 5 м, для определения количества загрязняющих веществ, выпадающих на 1 м², необходимо данные табл. 1 умножить на 5.

2. Расчет выполнен по методике, разработанной НИИАТ [2], с использованием программы автоматизированного расчета полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере без учета влияния застройки [4]. Входные параметры: скорость ветра, количество загрязняющих веществ, наибольшая температура воздуха, предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, параметры источника выбросов, поля выбросов и др. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Загрязняющие вещества на наиболее энергоемких лесосечных работах

Технологическая операция, марка трактора	Концентрация загрязняющих веществ в воздухе над почвой, мг/м ³		
	Оксиды азота	Оксиды серы	Оксид углерода (II)
Валка и пакетирование деревьев, ЛП-19Б	432,0	28,8	336,0
Трелевка хлыстов, ТБ-1М	860,9	57,4	669,6
Обрезка сучьев и раскряжевка, ЛП-ЗОГ	368,2	24,5	286,4

Таблица 2

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (г/с)
от лесопромышленной техники при заготовке древесины**

Технологическая операция, марка машины	СО	СН	NO ₂	SO ₂	С
Срезание и валка деревь- ев, ЛП-19Б	0,0396	0,0091	0,0035	0,0035	0,0061
Трелевка деревьев для обрезки сучьев, ТБ-1	0,0254	0,0065	0,0215	0,0023	0,0037
Обрезка сучьев, ЛП-33Б	0,0254	0,0065	0,0215	0,0023	0,0037

Примечание: СО – оксид углерода; СН – углеводороды; NO₂ – оксиды азота; SO₂ – диоксид серы; С – сажа.

Программой предусмотрено одновременное построение поля рассеивания для площадки 100 × 100 м, когда максимальный разовый выброс, деленный на ПДК, превышает ПДК (рис. 1, 2; на рис. 2 приведена часть поля).

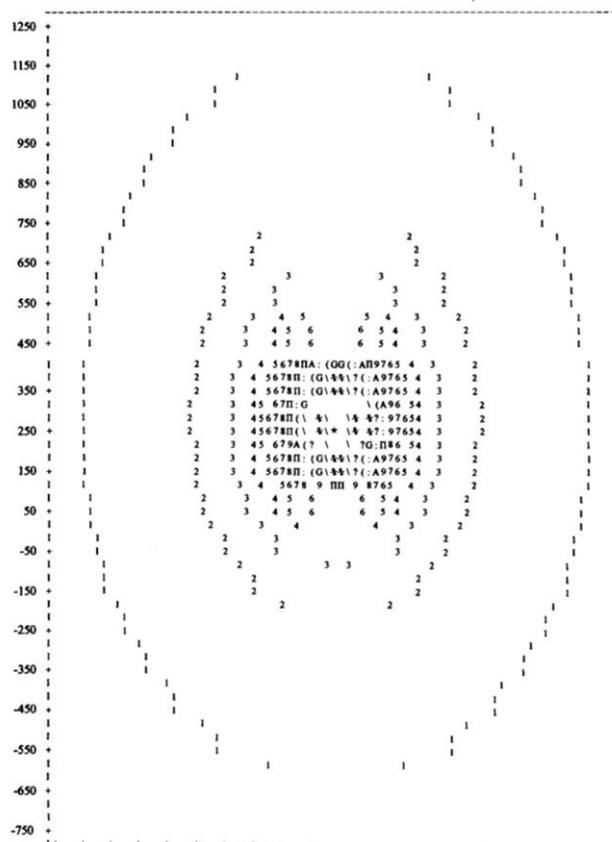
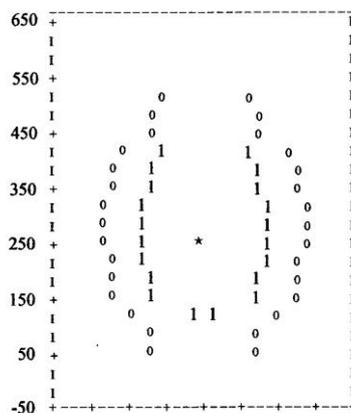


Рис. 1. Поле рассеивания диоксидов азота (* – источник загрязнения (трактор); цифры и буквы – концентрация диоксида азота в долях ПДК: 0 – 0,05; с 1 по 9 – 0,1...0,9; П – 1,0; А – 1,1; : – 1,2; (– 1,3; G – 1,4; ? – 1,5; \ – 1,6; & – 1,7)

Рис. 2. Поле рассеивания сажи (* – источник загрязнения (трактор); цифры – концентрация сажи в долях ПДК: 0 – 0,50; 1 – 0,10)



Верификацию выполненных расчетов проводили следующим образом. В сельском хозяйстве действует ГОСТ 17.2.2.05–97 [1], которым установлены нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с обработанными газами дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин*. В табл. 3 приведены удельные выбросы от находящихся в эксплуатации сельскохозяйственных тракторов и машин.

Технический уровень лесопромышленной техники фактически не отличается от сельскохозяйственной, поэтому можно принять, что выбросы от лесозаготовительных машин примерно соответствуют или превышают значения, приведенные в табл. 3.

Развиваемая мощность двигателя при выполнении технологической операции: 80 ... 100 кВт – валка дерева (ЛП-19Б), 40 ... 50 кВт – обрезка сучьев (ЛП-30Г), 50 ... 60 кВт – трелевка хлыстов (ТБ-1М). При неограниченном воздухообмене данные табл. 3 могут быть представлены в следующем виде (табл. 4).

Для сравнения в табл. 5 приведены значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе для условий Московской области [3].

Таблица 3

Удельные выбросы сельскохозяйственных тракторов и машин

Вредные вещества	Удельные выбросы при воздухообмене, г/ (кВт · ч)	
	неограниченном	ограниченном
Оксиды азота	18,0	9,0
Оксид углерода (II)	14,0	5,6
Углеводороды	4,5	2,2

* В лесной промышленности нет нормативных документов, устанавливающих методику определения и значения максимальных выбросов вредных веществ с обработанными газами двигателей.

Таблица 4

**Предельные выбросы вредных веществ от лесозаготовительной техники
(ГОСТ 17.2.2.05–97)**

Вредные вещества	Выбросы вредных веществ, г/с		
	ЛП-19Б	ТБ-1М	ЛП-30Г
Оксиды азота	0,450	0,275	0,225
Оксид углерода (II)	0,350	0,213	0,175
Углеводороды	0,087	0,054	0,044

Таблица 5

ПДК загрязняющих веществ в воздухе (Московская область)

Загрязняющие вещества	ПДК, мг/м ³	
	максимальная разовая	среднесуточная
Оксиды азота (в пересчете на оксид азота (IV))	0,085	0,040
Оксиды серы (в пересчете на оксид серы (IV))	0,500	0,050
Оксид углерода (II)	5,000	3,000

Примечание. ПДК – это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных и праздничных дней) 8-часовой или другой продолжительности (но не более 41 ч в неделю) не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований при жизни настоящего и последующих поколений.

Анализируя расчеты, проведенные по двум методикам, и процедуру верификации, можно утверждать, что при такой существенной разнице между результатами, вероятно, одна из использованных методик не отвечает требуемой точности и скорее всего это методика НИАТ.

Полученные расчетные данные о концентрации загрязняющих веществ в воздухе достаточно условны, так как ветер значительно снижает выброс загрязняющих веществ в атмосферу, в то время как наличие препятствия (например, лес) концентрирует их на ограниченной площади. Вместе с тем сравнение расчетных данных и ПДК загрязняющих веществ в воздухе для условий Московского региона позволяет утверждать, что необходимо разрабатывать нормативный документ, устанавливающий методику определения и значения ПДК вредных веществ, выбрасываемых техническими средствами, но для этого нужно проводить дополнительные серьезные научные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.2.2.05–97. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1997.

2. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом) [Текст]. – М.: НИИАТ, 1992. – С. 20–27.

3. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух (по Моск. обл.) [Текст]. – М.: Мособлкомприрода, 1995. – 14 с.

4. Программа расчета полей концентрации вредных веществ в атмосфере без учета влияния застройки (в соответствии с ОНД–86). Гарант универсал 2,0 [Текст]. – М.: МГП «Фирма Гарант», 1992. – С. 20–25.

ВНИИЛМ

Поступила 11.01.04

O.G. Klimov, E.V. Dronicheva

Concentration of Contaminants Released by Forest Tractors

The concentration of nitric, sulfur, carbon and hydrocarbons' oxides released in the process of work of forest tractors – LP-19, LP-30G, TB-1M is determined.

УДК 630*.36

А.И. Павлов, Ю.А. Ширнин

Ширнин Юрий Александрович родился в 1946 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств Марийского государственного технического университета. Имеет 220 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленных производств.



ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИДРОПРИВОДА СУЧКОРЕЗНОЙ МАШИНЫ

Для обоснования метода контроля технического состояния сучкорезных машин в процессе их эксплуатации выбран диагностический параметр.

Ключевые слова: сучкорезная машина, гидропривод, функциональное диагностирование, параметр диагностирования, случайный процесс, спектральная плотность, максимумы.

Наши исследования преследовали следующие цели: определение приспособленности гидропривода сучкорезной машины к диагностированию в режиме обработки предмета труда – дерева; возможность применения перспективных средств диагностирования и дальнейшей автоматизированной обработки результатов; определение рациональных режимов диагностирования и выявление влияния субъективных факторов на его качество.

Исследования проводили на машине ЛП-30Г (год выпуска 1996, наработка 1100 мото-ч) в производственных условиях Максаковского сплавного рейда производственного объединения «Вычегдалесосплав».

В ходе эксперимента измеряли давление рабочей жидкости встроенными тензометрическими датчиками и регистрировали процессы, происходящие в гидроприводах подъема и поворота стрелы, управления сучкорезной и приемной головок с помощью классической аппаратуры. Измерительную аппаратуру размещали в кабине трактора. Функции исследователя выполнял тракторист.

Обрабатывали деревья диаметром 0,10 ... 0,52 м разных пород: береза, ель, сосна.

В результате экспериментов было получено 60 рабочих осциллограмм изменения давления в гидроприводах стрелы, сучкорезной и приемной головок. Некоторые фрагменты осциллограмм приведены на рис. 1.

Как видно из кривых 1 – 6, в гидросистеме сучкорезной машины ЛП-30Г возникает случайный процесс с непрерывным изменением аргумента, причем колебательный процесс возбуждается изменением параметров предмета труда (дерева).

При обработке осциллограмм были использованы числовые характеристики случайного процесса – математическое ожидание, дисперсия и кор-

реляционная функция. Спектральные плотности были получены по корреляционным функциям (1) и аппроксимированы выражением (2).

Результатами исследований установлены следующие рациональные режимы диагностирования гидроприводов: для сучкорезной и приемной головок – протаскивание дерева диаметром 0,25 ... 0,40 м за вершину; для подъема и поворота стрелы – подъем дерева за вершину. При этом в гидросистеме машины ЛП-30Г возникает случайный процесс, который можно привести к стационарному.

Анализ полученных данных показал, что значения числовых характеристик дают количественную оценку исследуемых процессов. Качественную оценку можно получить с помощью корреляционных функций и спектральных плотностей.

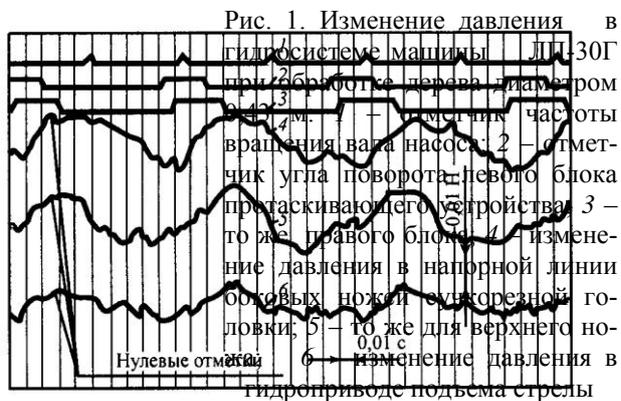
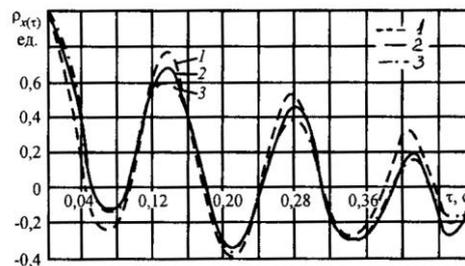


Рис. 2. Нормированные корреляционные функции нагруженности гидропривода при обработке дерева диаметром 0,40 м: 1 – давление в гидроцилиндре бокового ножа; 2 – давление в гидрораспределителе; 3 – давление в гидроцилиндре верхнего ножа



Графики нормированных корреляционных функций изменения давления в гидроприводе (рис. 2), построенные по результатам расчета на ЭВМ, свидетельствуют, что время корреляционной связи динамических процессов τ в различных точках гидропривода примерно одинаково и при обработке деревьев разных диаметров составляет: $0,045 \text{ с}^{-1} - 0,25 \text{ м}$; $0,051 \text{ с}^{-1} - 0,30 \text{ м}$; $0,056 \text{ с}^{-1} - 0,35 \text{ м}$; $0,059 \text{ с}^{-1} - 0,40 \text{ м}$.

При $\tau \rightarrow \infty$ значения нормированной корреляционной функции $\rho_{x(\tau)} \rightarrow 0$. Это свидетельствует о стационарности динамических процессов и, следовательно, позволяет с достаточной достоверностью по одной реали-

зации определенной длительности вычислять статистические характеристики процесса [1–3].

Графики нормированных корреляционных функций с требуемой точностью аппроксимируют выражением вида

$$\rho_x(\tau) = A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} \tau \cos \beta_1 + A_2 e^{-\alpha_2 |\tau|} \tau \cos \beta_2. \quad (1)$$

Графики корреляционных функций характеризуют изменения исследуемых процессов во временной области. Особую важность представляют характеристики частотного состава – спектральные плотности нагруженности $S_{(\omega)}$ исследуемого гидропривода, определенные с помощью ЭВМ (рис.3).

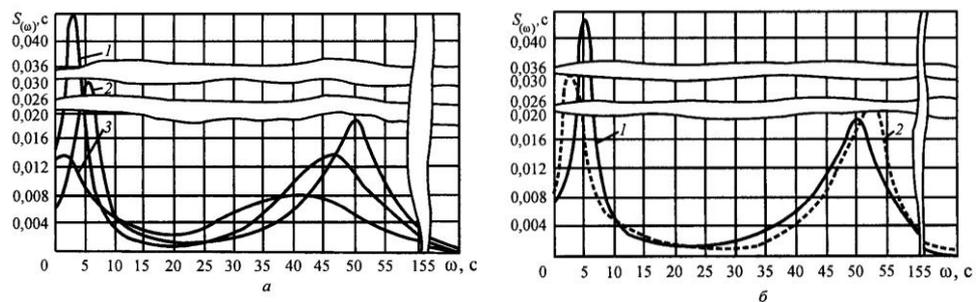


Рис. 3. Нормированные спектральные плотности нагруженности гидропривода машины ЛП-30Г: *а* – при обработке деревьев различной породы (1 – сосна, 2 – ель, 3 – береза); *б* – при различной наработке (1 – 1100, 2 – 4500 мото-ч)

В основу составления программы расчета положено выражение

$$S_{(\omega)} = \frac{2}{\pi} \left[A_1 \frac{\alpha_1 (\omega^2 + \alpha_1^2 + \beta_1^2)}{(\omega^2 - \alpha_1^2 - \beta_1^2)^2 + 4\alpha_1^2 \omega^2} + A_2 \frac{\alpha_2 (\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \omega^2)}{(\omega^2 - \alpha_2^2 - \beta_2^2)^2 + 4\alpha_2^2 \omega^2} \right]. \quad (2)$$

Анализ графиков спектральных плотностей показал, что при обработке деревьев различного объема имеются две ярко выраженные зоны максимальных значений. Максимумы спектральных плотностей смещены в сторону высоких частот при уменьшении объема обрабатываемого дерева. Сравнение осциллографических записей и графиков спектральных плотностей позволило сделать вывод о том, что источником возмущения нагруженности гидропривода являются параметры предмета труда.

Присутствие на графике экстремальных значений спектральных плотностей объясняется наличием резонанса, возникающего в результате совпадения частоты амплитудной характеристики гидропривода с частотой воздействия предмета труда. Это подтверждает гипотезу, что параметры обрабатываемого предмета труда являются основными при диагностировании гидропривода.

Учитывая специфику эксплуатации сучкорезных машин, следует считать, что в процессе исследования наиболее полное представление о ре-

акции системы на различное возмущающее воздействие дают передаточные функции и частотные характеристики.

По результатам расчета спектральных плотностей были построены амплитудно-частотные характеристики (рис. 4), наличие максимумов на которых свидетельствует о том, что колебательная система обладает резонансными свойствами, нарушающими устойчивость гидропривода. Это может быть положено в основу разработки метода функционального диагностирования гидропривода сучкорезных машин.

Для определения приспособленности гидросистемы машины ЛП-30Г к диагностированию была исследована сучкорезная машина с наработкой 4500 мото-ч. При этом установлено, что изменение структурных параметров элементов гидросистемы (зазор в распределителе, податливость РВД, трещины металлических трубопроводов и др.) смещает и видоизменяет максимумы на амплитудно-частотных характеристиках.

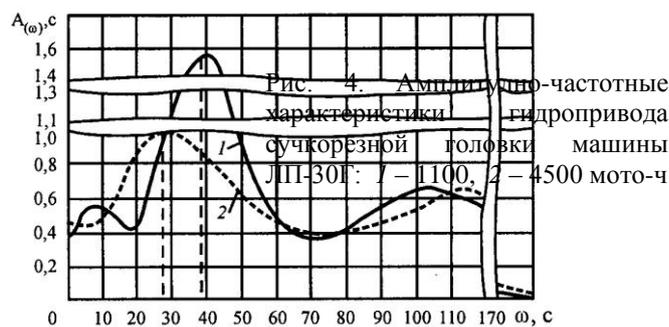


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики гидропривода сучкорезной головки машины ЛП-30Г: 1 – 1100, 2 – 4500 мото-ч

Анализ полученных спектральных плотностей изменения давления в гидроприводе машины с наработкой 4500 мото-ч показал, что, кроме смещения амплитудно-частотных характеристик, наблюдается смещение максимумов спектральных плотностей в сторону уменьшения частоты возникновения резонансных явлений (рис. 4). Это свидетельствует о приспособленности гидросистемы сучкорезной машины к функциональной диагностике и подтверждает гипотезу о возможности мониторинга технического состояния гидросистем методом диагностирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, А.В. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом колебаний [Текст] / А.В. Жуков, Л.И. Кадолко. – Минск: Наука и техника, 1978. – 264 с.
2. Лурье, А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / А.Б. Лурье. – Л.: Колос, 1970. – 371 с.
3. Силаев, А.А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин [Текст] / А.А. Силаев. – М.: Машиностроение, 1972. – 192 с.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 17.02.04

A.I. Pavlov, Yu.A. Shirnin

Investigation of Dynamic Hydraulic Drive of Delimber

Diagnostic parameter is chosen for justification of inspection method for technical state of delimiters in the operational process.

поезд, магистраль, ветка, ус.

УДК 630*383.7

Ф.А. Павлов, В.В. Казанцев, М.А. Мясоедов

Павлов Фридрих Алексеевич родился в 1934 г., окончил в 1957 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Автомобильные дороги», профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН, изобретатель СССР, засл. работник лесной промышленности РФ. Имеет около 100 печатных работ по проблемам создания эффективной лесо-транспортной сети, ленточных дорожных покрытий.



РАЗРАБОТКА НОРМ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ПРОБЕГ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Разработаны нормы расхода дизельного топлива на вывозке древесины автопоездами при различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: топливо, нормы, расход, транспортная работа, сортименты, автопоезд, магистраль, ветка, ус.

Лесозаготовительные предприятия являются крупнейшими потребителями топлива и смазочных материалов. Топливо затрачивается на заготовку древесины, ее вывозку и различные перевозки. Наибольшее количество топлива потребляет автомобильный транспорт на вывозке древесины из лесосек.

Цель наших исследований – разработать нормы расхода топлива при вывозке в ОАО «Усть-Покшеньгский ЛПХ». В леспромхозе только на топливо для лесовозных автомобилей в 2002 г. на вывозке затрачено 5318,3 тыс. р. Снижение расхода на 10 % дает экономию более 500 тыс. р. Одним из путей экономии топлива является повышение уровня его нормирования, т.е. разработка для каждого маршрута вывозки (перевозки) технически обоснованных индивидуальных норм расхода с учетом имеющихся дорожных условий, типа подвижного состава и базисных норм расхода. Однако базисные нормы учитывают усредненные условия вывозки леса на предприятии. Кроме того, их нельзя применять к модифицированным автомобилям. Например к тем, у которых проведена замена двигателя, как это сделано в Усть-Покшеньгском леспромхозе: практически на всех лесовозных автомобилях МАЗ-5434 двигатель ЯМЗ-236 заменен на ЯМЗ-238 и др.

Для разработки более обоснованных норм расхода с учетом условий данного предприятия сотрудниками кафедры промышленного транспорта АГТУ были проведены хронометражные наблюдения* и контрольные замеры расхода дизельного топлива лесовозными поездами на базе автомобилей МАЗ. Замеры проводили в летних и зимних условиях эксплуатации. Окончательно нормы расхода топлива устанавливали на основе фактических за-

* В проведении хронометражных наблюдений и замеров топлива принимал участие учебный мастер кафедры промышленного транспорта В.В. Прокин.

меров и теоретических расчетов за счет сопоставления и вывода уточняющих коэффициентов.

На *первом этапе* для расчета расхода было применено уточненное уравнение Н.Я. Говорущенко [1], которое устанавливает зависимость удельного расхода топлива (л/100 км) от типа дорог и состояния дорожного покрытия, скорости движения автопоезда.

На *втором этапе* была использована методика нормированного расхода топлива и ГСМ по Р3112194-0366-03, которая является основным нормативным документом и согласно которой производится расчет норм удельного расхода топлива на автопоезд.

На *третьем этапе* проведено сравнение результатов, полученных по двум выше перечисленным методикам, с фактическим удельным расходом топлива. Выведены коэффициенты повышения (снижения) удельного расхода топлива в зависимости от дорожных условий. Проверена зависимость расхода топлива от полезной нагрузки.

На *четвертом этапе* рассчитаны удельные нормы расхода топлива (л/100 км) и сверены с фактическими данными.

На *пятом этапе* рассчитаны нормы расхода топлива (л/м³) при работе гидроманипулятора.

Аналитически удельный расход топлива Q_T автопоездом рассчитывают по формуле

$$Q_T = \frac{g_e [G_a (\omega_f + gi) + 0,077kFv_a^2]}{36 \cdot 10^3 \eta_{тр} \rho_T},$$

где g_e – удельный расход топлива, г/кВт·ч; в зависимости от числа оборотов двигателя и затраченной мощности $g_e = 220 \dots 245$ г/кВт·ч;

G_a – расчетная масса автопоезда, т;

ω_f и gi – удельные сопротивления соответственно качению и от уклона, Н/т;

kF – фактор обтекаемости автопоезда (МАЗ-54329 + полуприцеп), $kF = 3,0$ Н·см²·м⁻²;

k – коэффициент сопротивления воздушной среды, Н·см²·м⁻⁴;

F – лобовая площадь автомобиля, м²;

v_a – скорость автомобиля, км/ч;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии, $\eta_{тр} = 0,85$;

ρ_T – плотность топлива, $\rho_T = 0,825$.

Нормативный расход топлива G_n (л) по методике Р3112194-0366-03 определяют по уравнению

$$Q_n = 0,01(H_{san}S + H_w W)(1 + 0,01D), \quad (1)$$

где H_{san} – норма расхода топлива на пробег автопоезда, л/100 км,

$$H_{san} = H_s + H_g N_p;$$

H_s – базовая норма расхода топлива, л/100 км;

H_g – норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа или

полуприцепа, л/100 т·км;
 N_p – собственная масса полуприцепа, т;
 H_w – норма расхода топлива на транспортную работу, л/100 т·км;
 W – объем транспортной работы, т·км, $W = G_{гр}S_{гр}$;
 $G_{гр}$ – масса груза, т;
 $S_{гр}$ – пробег с грузом, км;
 D – поправочный коэффициент, суммарная относительная надбавка (или снижение) к норме, %.

Результаты расчетов для летнего периода приведены в табл. 1.

Обработка фотохронометражных наблюдений и контрольных замеров расхода топлива позволила установить средние значения расхода топлива и скорости движения автопоездов на вывозке как с грузом, так и без него для различных грунтовых условий и удельного сопротивления качению (табл. 1).

Анализ результатов хронометражных наблюдений показал, что для автопоездов, эксплуатируемых в летних условиях, скорость в порожняко-

Таблица 1

Средние значения удельного расхода топлива в зависимости от сопротивления качению

Тип лесовозной дороги (покрытия)	Удельное сопротивление качению, Н/т	Расход топлива, л/100 км		
		Аналитический метод	РЗ112194	Фактические замеры
Автопоезд № 1				
Магистраль	260	<u>32,7</u>	<u>32,5</u>	<u>33,2</u>
		–	53,9	54,4
Ветка	350	<u>38,0</u>	<u>39,0</u>	<u>46,8</u>
		–	64,7	62,4
Ус	500	<u>49,4</u>	<u>43,9</u>	<u>59,7</u>
		–	72,7	73,8
Автопоезд № 2				
Магистраль	260	<u>41,2</u>	<u>37,0</u>	<u>42,2</u>
		–	61,3	67,1
Ветка	400	<u>50,4</u>	<u>44,4</u>	<u>52,4</u>
		–	73,6	73,9

Примечания. 1. Здесь и далее, в табл. 2 – 5, № 1 – автопоезд на базе автомобиля МАЗ-5551 для вывозки хлыстов; № 2 – МАЗ-4329-020 для вывозки сортиментов. 2. В числителе приведены данные для порожнего хода автопоезда, в знаменателе – для грузового хода с нагрузкой на рейс 20,6 (№ 1) и 23,4 м³ (№ 2).

вом направлении по магистрали составляет 49,7 ... 60,0 км/ч, по ветке – 18,5 ... 54,0 км/ч, по усу – 7,4 ... 11,2 км/ч; в грузовом направлении – соответственно 44,1 ... 55,8; 18,8 ... 23,3; 5,5 ... 10,1 км/ч. Для сортиментовоза скорость движения по магистрали находится в тех же пределах: по ветке – 18,5 ... 11,1 км/ч, по усу – 5,5 ... 10,1 км/ч соответственно для порожнего и грузового направления. По хронометражным данным в зимних условиях для

автопоездов получены такие же значения скорости движения, что и в летних условиях.

Основными причинами снижения скорости движения автопоезда и, следовательно, увеличения расхода топлива на временных дорогах по сравнению с магистралью является их низкое техническое состояние, вынуждающее автопоезд двигаться по ним на низших передачах.

По полученным результатам выведен поправочный коэффициент повышения (снижения) норм расхода топлива в зависимости от удельного сопротивления качению по уравнению

$$D = \frac{H_{м,в,у}}{H_d} 100,$$

где $H_{м,в,у}$ – удельный расход дизельного топлива соответственно на магистрали, ветке или усе, л/100 км;

H_d – удельный расход топлива на дороге, л/100 км.

Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения поправочных коэффициентов (%) в зависимости от дорожных условий

Тип лесовозной дороги (покрытия)	Поправочный коэффициент, %, для автопоезда					
	№ 1		№ 2		№ 3	
	Порожний ход	Грузовой ход	Порожний ход	Грузовой ход	Порожний ход	Грузовой ход
Лето						
Дорога (магистраль)	0	0	0	0	–	–
Ветка	16/41	15	22/24	10	–	–
Ус	51/80	36	–	–	–	–
Зима						
Магистраль	-15/8	-10	-18/18	-7	-19/14	-9
Дорога	0	0	0	0	0	0
Ветка	19/15	16	–	–	17/18	–

Примечание. 1. № 3 – автопоезд МАЗ –4329 – 020, оборудованный гидроманипулятором. 2. В числителе приведены расчетные коэффициенты, в знаменателе – фактические.

По полученным результатам приняты следующие поправочные коэффициенты: летом при движении автопоезда по веткам расход топлива повышается на 20 %, по усам – на 35 %; зимой при движении по автомагистрали – снижается на 10 %, по веткам и усам – повышается на 18 % .

Расхода топлива в зависимости от полезной нагрузки на рейс определяют линейным уравнением

$$H_r = H_n + H_w P,$$

где H_r и H_n – расход топлива соответственно при движении автопоезда с

грузом и без него, л/100 км;

P – нагрузка на рейс, т,

$$P = Q_B \gamma;$$

Q_B – нагрузка на рейс, м³;

γ – плотность древесины, $\gamma = 0,8$ т/м³.

Отсюда определена норма расхода топлива (л/100 т·км) на транспортную работу:

$$H_w = \frac{H_r - H_n}{P}.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Из результатов расчетов следует $H_w = 1,3$ л/100 т·км, что соответствует нормативному значению.

Расход топлива при движении автопоезда по дороге определяют по уравнению

$$H_s = \frac{H_n}{1 + 0,01D},$$

Таблица 3

Определение удельного расхода топлива на транспортную работу

Показатель	Значение показателя для автопоезда		
	№ 1	№ 2	№ 3
H_n , л/100 км	35,6/38,9	42,6/43,0	-/43,4
H_r , л/100 км	55,1/62,4	67,5/67,5	-/69,3
P , т	16,48/16,32	18,72/18,56	-/18,08
H_w , л/100 т·км	1,2/1,3	1,4/1,5	-/1,4

Примечание. Здесь и далее, в табл. 4, в числителе приведены данные для летнего периода, в знаменателе – для зимнего.

где H_s – расход топлива при движении по дороге, л/100 км;

$$D = D_1 + D_5 \frac{S_B}{S} + D_6 \frac{S_y}{S} - D_8 \frac{S_M}{S},$$

D_1 – коэффициент надбавок за работу в зимнее время, $D_1 = 18$ %;

D_5 – коэффициент надбавок при движении по веткам, $D_5 = 20$ %;

D_6 – коэффициент надбавок при движении по усам в период сезонной распутицы, $D_6 = 35$ %;

D_8 – коэффициент снижения при движении по накатанной снежной магистрали, $D_8 = 10$ %;

S , S_B , S_y , S_M – пробег автопоезда соответственно общий, по веткам, по усам, по снежной магистрали, км.

Удельный расход топлива на пробег автопоезда по дороге приведен в табл. 4.

Сравним фактический удельный расход топлива с результатами, полученными аналитическим методом и по нормативной методике:

1. Для автопоезда № 1 различие фактического расхода топлива по сравнению с аналитическим составило 1,5 %, с нормативным – 2,2 %. Принимаем норму расхода топлива $H_{san} = 33,0$ л/100 км.

2. Для автопоезда № 2 различие составило соответственно 1,5 и 10,5 %. Принимаем $H_{san} = 40,0$ л/100 км.

Таблица 4

Удельный расход топлива (л/100 км) на пробег автопоезда по дороге

Показатель	Значение показателя для автопоезда		
	№ 1	№ 2	№ 3
$H_{п}$, л/100 км	35,6(33,7)/38,9	42,6/43,0	-/43,4
S , км	415,9/393,0	327,2/219,5	-/227,9
$S_{м}$, км ($D_1 = -10$ %)	-/185,4	-/201,9	-/183,7
$S_{в}$, км ($D_5 = 20$ %)	36,4/102,3	18,4/17,6	-/1,7
$S_{г}$, км ($D_6 = 35$ %)	22,6/-	-	-
D_1 , %	-/18,0	-/18,0	-/18,0
H_s , л/100 км	34,3(32,5)/32,8	42,1/38,9	-/39,4
Средний расход H_s , л/100 км	33,2	40,3	39,4

Примечание. Данные в скобках получены при ходе автопоезда с грузом.

Таблица 5

Показатели расхода топлива, затрат времени автопоездом при погрузке сортиментов манипулятором*

Показатель	Значение показателя для автопоезда			
	№ 1	№ 2	№ 3	Среднее
Расход топлива, л	4,5	3,7	5,7	4,63
Затраты времени, с	3320	2595	3850	3255
Объем воза, м ³	22,9	21,9	23,1	22,6
Удельный расход топлива, л/м ³	0,196	0,168	0,246	0,204
Часовой расход топлива, л/ч	4,88	5,13	5,33	5,12

* Норма расхода топлива при погрузке манипулятором $H_m = 0,20$ л/м³.

3. Для автопоезда № 3 различие составило соответственно 15,0 и 0,3 %. Принимаем $H_{san} = 39,5$ л/100 км.

Нормированный расход топлива по данным хронометражных наблюдений определяем по формуле (1):

для автопоезда № 1 – $Q_n = 65,95$ л; фактический расход топлива за рейс 65,3 л, т.е. различие составило 0,20 %, что вполне приемлемо;

для автопоезда № 2 – $Q_n = 69,15$ л; фактический расход топлива за рейс 71,4 л, т.е. различие составило 3,25 %, что вполне приемлемо;

для автопоезда № 3 – $Q_n = 87,40$ л; фактический расход топлива за рейс 86,7 л, т.е. различие составило 0,80 %, что вполне приемлемо.

Результаты обработки материалов фотохронометражных наблюдений и контрольных замеров расхода топлива автопоездом на погрузке сортиментов манипулятором приведены в табл. 5.

Разработанные нормы и надбавки к ним (*D*) позволяют определять расход топлива на вывозке при различных условиях эксплуатации, что важно при нормировании расхода горюче-смазочных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Говорущенко, Н.Я.* Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте [Текст] / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
2. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте [Текст]: рук. документы Р3112194-0366-03. – М.: Мин-во транспорта РФ, 2003. – 48 с.
3. Сборник норм расхода топлива и смазочных материалов на лесозаготовительные машины [Текст]: практ. пособие. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 35 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 01.02.04

F.A. Pavlov, V.V. Kazantsev, M.A. Myasoedov

Development of Consumption Rate of Diesel Oil for Run of Logging Trailer Unit

The consumption norms of diesel oil are developed for wood hauling by logging trailer units under different operating conditions.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.04

В.А. Кацадзе, Д.В. Виноградов

Кацадзе Владимир Аркадьевич родился в 1951 г., окончил в 1976 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств. Имеет более 30 печатных работ в области комплексного использования древесины, технологии и оборудования лесосечных и лесоскладских работ.



Виноградов Денис Викторович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТА. Имеет 1 печатную работу в области пропитки, сушки древесины в поле центробежных сил.



ОБЪЕМНАЯ ПРОПИТКА ДРЕВЕСИНЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ СПОСОБОМ

Установлено, что за счет применения тотальной пропитки древесины центробежным способом можно повысить ее огне- и биозащитные свойства: прочность, твердость, влагостойкость и др.

Ключевые слова: объемная пропитка, центрифуга, центробежное поле, свободная влага, обезвоживание, гидростатическое давление.

Пропитка древесины центробежным способом основывается на взаимодействии находящихся в поле центробежных сил пропитывающей жидкости и древесины. При использовании центробежного способа значительно сокращается продолжительность пропитки, после чего без изменения вновь приобретенных качеств древесины можно производить ее механическую обработку. С его помощью можно обеспечить высокую огне- и биозащиту древесины, повысить ее прочность, твердость и влагостойкость. Технология центробежной пропитки может быть использована для имитации древесины ценных пород за счет введения красителей. Модифицированную таким образом древесину неценных пород можно использовать в качестве сырья для производства паркета и применять ее в машиностроении и строительстве.

Еще в 1943 г. М. Kastmark (Швеция) обнаружил, что при вращении штабеля пиломатериалов на центрифуге с угловой скоростью 0,3 рад/с ин-

тенсивность сушки увеличивается в 2–3 раза по сравнению с обычной сушкой в камере. Эффективность данного способа обусловлена тем, что удаление свободной влаги происходит за счет градиента давления, возникающего в материале, помещенном в центробежном поле.

Параметром, определяющим процесс обезвоживания, принято считать линейную скорость торца материала, или параметр обезвоживания h :

$$h = \omega^2 R^2,$$

где ω – частота вращения;

R – радиус дальнего торца материала [2].

В работе П. Хейцмана [3] представлена зависимость радиуса капилляра древесины r , по которому происходит движение жидкости в центробежном поле, от параметра обезвоживания:

$$r = 8\sigma / \rho\omega^2 (R^2 - R_g^2),$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения;

ρ – плотность жидкости;

R_g – радиус мениска в капилляре.

Для цилиндрических образцов длиной 110 мм экспериментально установлено [3], что обезвоживание капилляров радиусом $(1 \dots 9) \cdot 10^{-5}$ см происходит при изменении ωR от 33 до 100 м/с.

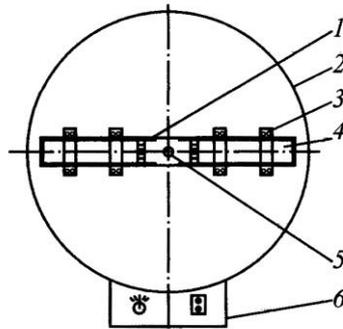
Степень обезвоживания зависит от структуры, параметра обезвоживания, начального состояния древесины. Например, ядровая часть хвойной древесины вследствие перекрытия пор в стенках трахеид обезвоживается заметно хуже (на 30 ... 40 %) заболонной части [1, 2].

При высокой эффективности сушки древесины центробежным способом очевидна привлекательность применения этого метода для пропитки древесины (замещение пропитывающим составом свободной влаги, находящейся в древесине).

Схема установки для пропитки древесины приведена на рисунке. Ее основные технические характеристики:

Максимальная длина пропитываемых изделий, м.....	0,2
Максимальный диаметр пропитываемых изделий, м.....	0,1
Производительность, м ³ /ч.....	0,003
Продолжительность полной пропитки, мин.....	60
Мощность привода, кВт.....	2,6
Режим работы.....	Периодический

При проведении экспериментов использовали центрифугу типа S 52 (Германия, 1962 г. выпуска). Образцы пропитывали в горизонтальном центробежном поле.



Экспериментальная установка:

1 – карусель, 2 – корпус,

3 – крепежные полукольца,

4 – стакан, 5 – ось вращения

Зависимость проникновения пропитывающего состава от глубины погружения образцов свежесрубленной (числитель) и абс. сухой древесины осины (знаменатель)

Погружение в раствор, %	Сплошное проникновение	Максимальное проникновение раствора
	мм (% от длины образца)	
25	30(15,8)	70(36,8)
50	50(26,3)	150(78,9)
75	140(73,7)	160(84,2)
100	<u>160(84,2)</u>	<u>170(89,5)</u>
	50 (26,3)	105(55,3)

Центрифуга имеет стальной сварной корпус 2 в виде вертикально стоящего цилиндра с прослойкой песка между внешней и внутренней обечайками. Внутри корпуса расположен электродвигатель мощностью 2,6 кВт, на вал 5 которого закреплен рабочий орган*.

Рабочий орган представляет собой вращающуюся карусель 1. На нее горизонтально при помощи полуколец 3 установлены два герметично закрывающихся стакана с испытуемыми образцами 4. Управление установкой осуществляют с пульта 6.

Частота вращения вала двигателя плавно изменяется в пределах от 2700 до 3200 об/мин и градуирована и через 100 об/мин. При градуировке применяли механический тахометр ИО-10 с диапазоном измерений 25 ... 10 000 об/мин.

Методика эксперимента

Цилиндрические образцы свежесрубленной древесины осины (см. таблицу) длиной до 20 см помещают в стаканы и заливают пропитывающим составом одинаковой массы. В качестве пропитывающего состава применяют морилку водную влагостойкую (ТУ 2388-022-32811438-99). Стаканы прочно крепят крышками к валу двигателя. Пропитку древесины производят обратным методом, т.е. используют образующуюся при вращении на дне стакана избыточное гидростатическое давление, за счет которого жидкость проходит сквозь образцы от периферии к центру.

Результаты исследований

При проведении экспериментов удалось установить продолжительность пропитки, частоту вращения центрифуги, глубину погружения древесины в пропитывающий состав, наилучшую начальную влажность древесины. Например, при установленной оптимальной частоте вращения карусели 3000 об/мин продолжительность пропитки образца древесины с одного тор-

* Рабочий орган спроектирован сотрудниками кафедры ТЛЗП СПбГЛТА (нестандартное оборудование) и изготовлен в мастерских академии.

ца составляет 30 мин. Время вращения не оказывает решающего влияния на проникновение пропитывающего состава, от этого параметра зависит тотальность пропитки. Необходимо отметить, что если после пропитки образец не сразу подвергать механической обработке, а выдерживать сутки, то за счет движения раствора по капиллярам глубина пропитки увеличивается в среднем еще на 10 ... 15 мм.

Решающее влияние на глубину и качество пропитки оказывает глубина погружения древесины в пропитывающий состав (см. таблицу).

Из данных таблицы видно, что наибольшая глубина сплошной пропитки (84,2 % от длины образца) достигнута при погружении пропитываемого сортамента на 100 % в пропитывающий состав. Как показали проведенные опыты, дальнейшее увеличение глубины погружения и продолжительности вращения карусели не приводит к повышению глубины проникновения пропитывающего состава. Для того, чтобы пропитать образец целиком, необходимо ввести пропитывающий состав и с другого торца, т. е. полная пропитка образца будет занимать 60 мин.

Как показали опыты, центробежным способом лучше всего пропитывать свежесрубленную древесину. Чем суше дерево, тем хуже оно поддается глубокой пропитке. Тем не менее, по отработанной технологии возможно провести объемную пропитку древесины любой исходной влажности. Зная процент тотальной пропитки при данной влажности древесины, можно получать полностью пропитанный сортимент за счет отсечения пропитанной части от заготовки или после доведения сухой древесины до влажности свежесрубленной, пропитав ее в центрифуге с двух сторон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулимин, В.В. Исследование процесса обезвоживания пиломатериалов в центробежном поле [Текст] / В.В. Кулимин // Науч. тр. МЛТИ. – 1980. – Вып. 124. – 125 с.
2. Пятакин, В.И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов [Текст] / В.И. Пятакин. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 264 с.
3. Heizemann, P. Holz als Roh - und Werkstoff [Text] / P. Heizemann. – 1970. – N 8. – P. 295–309.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 27.04.05

V.A. Katsadze, D.V. Vinogradov

Volume Impregnation of Wood by Centrifugal Method

It is established that it is possible to increase fire- and bio-resistance of wood, its strength, hardness, water-resistance, etc. by using total impregnation of wood by the centrifugal method.



УДК 674.093

Д.В. Иванов, С.В. Буров

ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЛОВОЧНЫМ СЫРЬЕМ

Рассмотрено обеспечение лесопильных предприятий пиловочным сырьем в виде «полубрусьев».

Ключевые слова: круглые лесоматериалы, пиломатериалы, «полубрус», пакет, горбыль, себестоимость, затраты.

Одной из важнейших проблем работы лесопильно-деревообрабатывающих предприятий (ЛДП) является обеспечение их пиловочным сырьем. Данные последних лет свидетельствуют, что объем заготовки леса и поставки пиловочного сырья уменьшились в 3-4 раза. Значительная часть круглых лесоматериалов, в том числе и пиловочника, поступает на целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК) для переработки в щепу. Кроме того, часть пиловочника лесозаготовительные предприятия реализуют не по назначению, несмотря на ограничения и запреты федеральных и региональных органов власти.

Пиловочное сырье на ЛДП поступает в круглых сортаментах по ГОСТ 9463–88 «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия» и ГОСТ 9462–88 «Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия».

Поставку сырья осуществляют различными видами транспорта:
водным – в плотках, на судах или баржах;
сухопутным – в железнодорожных вагонах, различными автолесовозами и смешанным.

Соотношение по видам поставки (водная/ сухопутная) составляет: в 1980-е гг. – 70 : 30 %, в 2000-е гг. – 30 : 70 %.

На применение водного транспорта для поставки древесного сырья имеется ряд ограничений со стороны экологических служб и гидрологического состояния водных путей (по глубинам и т.д.). По результатам выполненных А.А. Митрофановым работ предложено уменьшить осадку плотов, но на их формирование требуются дополнительные затраты труда, такелажа и древесины, поэтому применение этого способа ограничено.

В целях увеличения объемов сухопутной поставки пиловочного сырья, повышения безопасности его транспортировки и сокращения трудозатрат на его подготовку к распиловке на лесозаводах нами предложен способ поставки пиловочного сырья (пат. РФ № 2240227 от 11.2004 г.) в виде «полубрусьев» – 2-кантных необрезных высоких брусьев. Поставку полубрусьев можно осуществлять в увязанных пакетах, что упрощает их крепление и

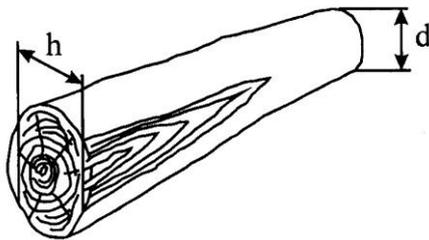


Рис. 1. Схема образования полубруса

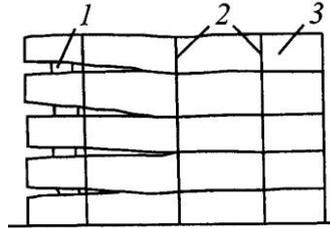


Рис. 2. Схема пакета из полубрусей: 1 – прокладка, 2 – обвязка, 3 – полубрус

перевозку (рис.1, 2). Для обработки круглых лесоматериалов предложена линия (рис. 3), включающая участки подачи и разделки хлыстов, станок для получения полубрусей и участки их сортирования, формирования и погрузки пакетов в подвижной состав и автотранспорт.

Поверхности брусей формируют при обработке круглых сортиментов на упрощенных лесопильных установках (однопильные ленточнопильные, круглопильные, одноэтажные лесорамы), имеющихся на многих лесозаготовительных предприятиях. Это позволит лучше использовать лесопильные установки.

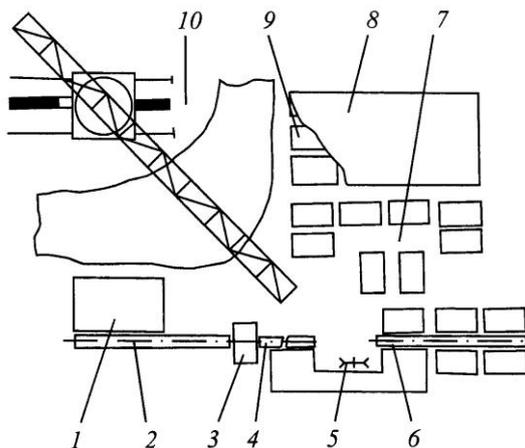
На упрощенных лесопильных установках при образовании пластей с противоположных сторон от оси бревна снимают сегменты (горбыли) и получают полубрус высотой

$$h_{пб} = A_{пр} + \Delta_{max2}. \quad (1)$$

Здесь $A_{пр}$ – предельный охват диаметра бревен поставом;

Δ_{max2} – максимальное смещение бруса при подаче в лесопильное оборудование на втором проходе лесопильного цеха ЛДП.

Рис. 3. Линия подготовки пиловочного сырья: 1 – загрузочное устройство; 2, 4 – продольный конвейер; 3 – окорочный станок; 5 – станок для продольной распиловки; 6 – сортировочный конвейер; 7 – участок пакетирования; 8 – участок складирования готовых пакетов; 9 – транспортный пакет; 10 – участок отгрузки готовых пакетов



Величину $A_{пр}$ определяют по формуле

$$A_{пр} = \sqrt{(D^2 - b_{\min}^2) - (D^2 - d^2)} l / L, \quad (2)$$

где D – комлевой диаметр бревна, $D = d + SL$, мм;

d – вершинный диаметр бревна, мм;

S – сбеги бревна, мм/м;

L – длина бревна, м;

b_{\min} – минимальная ширина доски, $b_{\min} = 100$ мм;

l – минимальная длина доски, $l = 2,7$ м.

Расчетные значения высоты полубрусев в зависимости от длины бревен (для короткомерных – до 4 м, для длинномерных – до 6 м) и их характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определение высоты полубруса

d , мм	S ,	L ,	D	$A_{пр}$	H
	м		мм		
140	8,0	4,0	172,0	113,2	126,0
		6,1	188,8	136,5	150,0
160	8,0	4,0	192,0	138,8	152,0
		6,1	208,8	160,0	173,0
180	8,0	4,0	212,0	162,7	176,0
		6,1	228,8	183,1	196,0
200	9,0	4,0	236,0	187,3	200,0
		6,1	254,9	210,0	223,0
220	9,0	4,0	256,0	209,7	223,0
		6,1	274,9	231,5	245,0
240	10,0	4,0	280,0	233,0	246,0
		6,1	301,0	256,2	270,0
260	10,0	4,0	300,0	254,7	271,0
		6,1	321,0	278,0	291,0
280	11,0	4,0	324,0	277,6	290,0
		6,1	347,1	303,1	316,0
300	11,0	4,0	344,0	298,7	312,0
		6,1	367,1	324,0	337,0
320	11,5	4,0	368,0	320,4	333,0
		6,1	390,2	347,4	360,0
340	11,5	4,0	386,0	341,2	354,0
		6,1	410,2	367,7	380,0
360	12,5	4,0	410,0	363,9	377,0
		6,1	436,3	391,5	404,0
380	12,5	4,0	430,0	384,1	387,0
		6,1	456,3	412,4	425,0
400	13,5	4,0	454,0	406,2	419,0
		6,1	482,35	436,2	450,0
420	13,5	4,0	474,0	426,7	440,0
		6,1	502,4	456,5	470,0

С учетом расчетных высот из полубрусьев можно получить такое же количество пиломатериалов, как и из круглых сортиментов.

Объем сортиментов определяют несколькими способами, из которых наиболее известны :

ГОСТ 2708–75 «Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов»;

формула И.В. Соболева

$$V_6 = (0,87 L + 0,01 L^2) (d + 0,0001 L^2)^2 + 0,00002 L^3 \text{ (где } d \text{ и } L \text{ – м);} \quad (3)$$

формула В.С. Шалаева

$$V_6 = L (0,9225 - 0,0034L) (0,01d)^{2,0829-0,02234L}, \text{ (где } L \text{ – м; } d \text{ – см.).} \quad (4)$$

Объем полубруса

$$V_{пб} = V_6 - 2V_r,$$

где V_r – объем горбыля.

Принимая бревно за усеченный параболоид вращения, можно определить объем одного горбыля:

$$V_r = 4L/3(R^2 - r^2) \left\{ \int_e^R \sqrt{(R^2 - x^2)}^3 dx - \int_e^r \sqrt{(R^2 - x^2)}^3 dx \right\}, \quad (5)$$

где $R = D/2$;

$r = d/2$;

$e = A_{пр}/2$.

С учетом вышеизложенного выполнены расчеты объемов полубруса и горбылей в зависимости от основных характеристик круглых лесоматериалов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов потерь на горбыли и объемов полубруса

Вершинный диаметр бревна, мм	Длина бревна, м	Объем горбыля		Объем полубруса	
		при длине бревна L	при максимальной длине бревна	при длине бревна L	при максимальной длине бревна
		%			
140	4,00	10,27	1,70	79,46	96,60
	6,10	4,20	4,20	91,60	91,60
	5,05*	6,63	3,20	86,74	93,60
160	4,00	6,10	1,04	87,80	97,92
	6,10	2,44	2,44	95,12	95,12
	5,05	3,90	1,88	92,2	96,23
180	4,00	4,00	1,32	92,00	95,36
	6,1	4,53	4,53	90,94	90,94
	5,05	4,31	3,60	91,36	92,71
200	4,00	3,00	0,24	94,0	99,52
	6,10	2,05	2,05	95,9	95,90
	5,05	2,65	1,55	94,7	96,91
220	4,00	2,07	0,14	95,86	99,72
	6,10	1,07	1,07	97,86	97,86
	5,05	1,47	0,70	97,06	98,60

Окончание табл. 2

Вершинный диаметр бревна, мм	Длина бревна, м	Объем горбыля		Объем полубруса	
		при длине бревна L	при максимальной длине бревна	при длине бревна L	при максимальной длине бревна
%					
240	4,00	1,75	0,08	96,5	99,84
	6,10	1,00	1,00	98,0	98,00
	5,05	1,30	0,63	97,4	98,14
260	4,00	1,10	0,60	97,80	98,80
	6,10	0,80	0,80	98,40	98,40
	5,05	0,92	0,72	98,16	98,36
280	4,00	1,30	0,06	97,40	99,88
	6,10	0,70	0,70	98,6	98,60
	5,05	0,94	0,444	98,12	99,11
300	4,00	1,00	0,32	98,00	99,36
	6,10	0,64	0,64	98,72	98,72
	5,05	0,78	0,51	98,43	98,98
320	4,00	1,10	0,23	97,80	99,54
	6,10	0,50	0,50	99,00	99,00
	5,05	0,74	0,39	98,52	99,21
340	4,00	0,78	0,01	98,44	99,97
	6,10	0,45	0,45	99,10	99,10
	5,05	0,58	0,33	98,83	99,35
360	4,00	0,73	0,01	98,54	99,98
	6,10	0,34	0,34	99,32	99,32
	5,05	0,50	0,21	99,00	99,58
380	4,00	1,30	0,01	97,4	99,98
	6,10	0,40	0,40	99,2	99,20
	5,05	0,76	0,24	98,5	99,51
400	4,00	0,85	0,01	98,28	99,99
	6,10	0,36	0,36	99,28	99,28
	5,05	0,56	0,22	98,89	99,56
420	4,00	0,60	0,01	98,80	99,99
	6,10	0,33	0,33	99,34	99,34
	5,05	0,44	0,20	99,12	99,60
Сренивзвешенный выход полубрусьев				94,6	96,6

* Средняя длина бревна.

Выход горбылей от объема распиливаемых бревен может колебаться в значительных пределах (от 0,5 до 20,0 %). Он зависит от сбега, диаметра и длины бревна, охвата его диаметра поставом. При этом их значения увеличиваются с уменьшением диаметра сортиментов. Получаемые горбыли можно использовать в качестве прокладок в пакетах полубрусьев, на топливо и т.д.

Объем полубрусьев составляет 80,0 ... 99,9 % от объема бревен, причем для вершинных диаметров 200 мм и более выход составляет более 98,0 %. Поэтому выход пиломатериалов Q_{Π} из полубрусьев несколько выше, чем из бревен:

$$Q_{\text{п}} = V_{\text{п}} 100 / V_{\text{пб}} = V_{\text{п}} 100 / 0,98 \quad Q_{\text{бр}} = 102 V_{\text{п}} / Q_{\text{бр}}$$

Для получения полубрусьев можно использовать однопильные и ленточнопильные станки, одноэтажные лесорамы, 2-пильные круглопильные и фрезернопильные станки, имеющиеся в большом количестве на существующих лесозаготовительных предприятиях, а также широко известные по экспозициям международных и региональных выставок. Эти станки имеют различную цену, мощность привода и примерно одинаковую в условиях ЛПХ мощность по пропуску сырья.

По стоимости их можно разделить на следующие основные группы:

1. Стоимость 50 ... 100 тыс. р., мощность привода 15 кВт: ЛГУ-50 («Бриз»); БЛП-50 («Данил ЗДС»); ЛГД, ЛПС-2 («Чурак ЛГД»); «Авангард 60-80» (средние стоимость 60 тыс. р. и мощность 15 кВт).

2. Стоимость 300 ... 400 тыс. р., мощность привода 40 ... 50 кВт: УСК-1, ЛБ-100-1; ЦМР-4 и -4М, МГ-6500 М, УП-2Э, «Wood-Mizer», ЦМКД-28; «Гравитон»; аналоги «Лаймет» (средние стоимость 350 тыс. р. и мощность 40 кВт).

3. Стоимость 500 ... 900 тыс. р., мощность привода 60 ... 70 кВт: ЛЛК-1, ЛГС-100, ЛГС-50Б, Р-40, Р-63; ЛБ-100-3, «Кага» и его аналоги (средние стоимость 600 тыс. р. и мощность 70 кВт).

С учетом необходимости всего двух резов длиной 2,5 м производительность по пропуску сырья можно определить по методике, изложенной в инструкции по расчету производственной мощности лесопильного предприятия (Архангельск: ЦНИИМОД, 1986. – 65 с.):

$$P_{\text{ч}} = 3600 q k_{\text{т}} / (T_{\text{ц}} + \sum t_{\text{п}}), \quad (7)$$

где q – средней объем бревен, $q = 0,19 \text{ м}^3$;

$k_{\text{т}} = 0,88$;

$T_{\text{ц}} + \sum t_{\text{п}} = 52,14 \text{ с.}$

Таким образом,

$$P_{\text{ч}} = 3600 \cdot 0,19 \cdot 0,88 / 52,14 = 10 \text{ м}^3/\text{ч},$$

а при 2-сменной работе в течение года (225 дн.) составит 40 ... 50 тыс. м^3 круглых лесоматериалов.

Для каждой из рассмотренных групп оборудования выполнен расчет себестоимости изготовления полубруса. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таким образом производство полубрусьев является рентабельным уже при незначительном (на 1 ... 4 р./ м^3) повышении их цены по сравнению с круглыми лесоматериалами. Дальнейшее повышение цены до уровня цен в соседних регионах (Карелия – 725 р./ м^3 ; Мурманская обл. – 820 р./ м^3) увеличит прибыль, но повысит себестоимость производства пиломатериалов на лесозаводах незначительно. Повышение цены на пиловочное сырье – процесс, который происходит на предприятиях постоянно и не зависит от способа поставки сырья.

Таблица 3

Расчет себестоимости выработки полубрусьев

Статья затрат	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Годовой фонд зарплаты, тыс.р.	218	218	218
Социальный налог (38 %)	83	83	83
Расходы на содержание и эксплуатацию	21,3	78,0	127,2
В том числе:			
амортизация оборудования (2,1%)	1,3	7,4	12,6
ремонтный фонд (2,6 %)	1,6	9,1	15,6
Силовая электроэнергия	15,4	44,0	69
Прочие расходы (5 %)	3,0	17,5	30,0
Цеховые расходы	4,4	20,1	33,6
В том числе:			
амортизация зданий (1,2 %)	1,2	1,2	1,2
затраты на ремонт (5,4 %)	3,2	18,9	32,4
Итого:	326,7	399,1	463,8
Удельные затраты на переработку 1 м ³ круглых лесоматериалов в полубрусья	8,2	10,0	11,6
« с учетом рентабельности 40 %	11,5	14,0	16,2
Стоимость 1 м ³ бревен, р.	630,0	630,0	630,0
Стоимость древесины в 1 м ³ полубрусьев, р.	617,4	617,4	617,4
Стоимость 1м ³ полубрусьев	625,6	627,4	629,0
Стоимость полубрусьев с учетом уровня рентабельности 40 %, р.	628,9	631,4	633,6
Прибыль от продажи полубрусьев по сравнению с круглыми сортиментами, р./м ³	-1,1	+1,4	+3,6

Основные затраты на ЛДП приходятся на сырье (50 ... 70 % от всех затрат на производство пиломатериалов), поэтому повышение себестоимости производства пиломатериалов составит около 50 % от повышения цены на сырье.

Выпуск на лесозаготовительных предприятиях полубрусьев позволит их поставлять на экспорт и увеличивать объем продаж этой специализированной продукции на ближайшие лесопильные предприятия с учетом того, что все предприятия ЦБП в настоящее время обеспечены сырьем, а производственные мощности их используются на 100 %.

Кроме того, поставка сырья в виде полубрусьев на лесопильные предприятия позволит значительно механизировать и снизить затраты на лесоскладских операциях ЛДП. При поставке такого сырья возможна выгрузка его различными кранами, а также колесными погрузчиками и хранение полубрусьев в штабелях и пакетах. Учет сырья можно осуществлять поштучно пакетами полубрусьев каждой высоты. При этом исключаются

операции сортировки бревен по диаметрам, оборудование для этого и связанные с ними транспортные операции. Подачу сырья лесопильному цеху будут осуществлять из заранее сформированных запасов уже рассортированного сырья по высоте полубруса.

В целом переход на поставку сырья в виде полубрусьев позволит организовать производство новой более дорогой продукции, которая может быть реализована любым потребителем; более эффективно использовать имеющееся оборудование по обработке круглых лесоматериалов и повысить его загрузку; обеспечить работой обслуживающих линию рабочих; поставлять сортированную по размерам продукцию в виде пакетов, увязанных металлической лентой или проволокой; повысить экономические показатели работы предприятия.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 14.12.04

D.V.Ivanov, S.V. Burov

On Supplying Sawmills with Sawlogs

The supply of sawmills with sawlogs in the form of half-beams is considered.

УДК 621.311

С.П. Агеев

Агеев Сергей Петрович родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем технической подготовки производства Севмашвуза. Имеет более 50 научных работ в области электроснабжения промышленных предприятий.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ОКОРКИ РОТОРНОГО ОКОРОЧНОГО СТАНКА

На основе физико-технических процессов окорки получена энергетическая характеристика окорочного станка, а также определены величины, влияющие на ее параметры.

Ключевые слова: окорочный станок, энергетическая характеристика, мощность, энергобаланс, производительность, сила окорки.

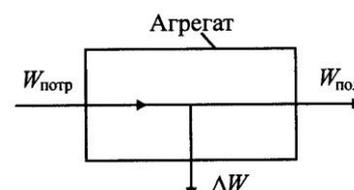
В основе нормирования и планирования электропотребления на лесопильно-деревообрабатывающих комбинатах (ЛДК) лежит метод, предусматривающий анализ, планирование и перспективное составление общезаводских балансов и показателей на основе нормализации энергетических балансов отдельных элементов и участков электрохозяйства предприятия. Поэтому перед тем как рассматривать схемы и формы построения энергетических балансов комбината, необходимо рассмотреть энергобалансы отдельных элементов производства.

Первичным звеном в производстве и электропотреблении предприятия является технологическая операция, осуществляемая на отдельном агрегате – приемнике электроэнергии. Без изучения энергетических балансов отдельных агрегатов в связи с физико-техническими особенностями соответствующих операций и процессов и техническими свойствами самих агрегатов невозможно осуществление нормирования и планирования электропотребления отдельных производств и комбината в целом.

Энергетический баланс всегда относится к определенной производительности агрегата и позволяет судить об экономичности работы оборудования только при данной его производительности.

Для энергетической оценки экономичности работы оборудования при различной производительности применяют энергетические характеристики, выражающие зависимость абсолютного или удельного расхода электроэнергии от производительности оборудования за эффективное время при постоянном режиме нагрузки (постоянной производительности).

В настоящей работе рассмотрены построение и анализ энергетической характеристики окорочных станков, которые являются одними из энергоемких потребителей лесопильного производства. Получение энергетических характеристик основано на разделении всех элементов энергобаланса



агрегата на постоянные (не зависящие от его производительности) и переменные (зависящие от производительности) и установлении функциональных зависимостей переменных элементов баланса от производительности оборудования.

Энергетический баланс элементарного процесса можно представить в виде схемы (структуры), показанной на рис. 1, и выразить уравнением

$$W_{\text{потр}} = W_{\text{пол}} + \Delta W,$$

где $W_{\text{потр}}$ – энергия, потребляемая агрегатом, кВт·ч;

ΔW – потери энергии;

$W_{\text{пол}}$ – полезная энергия.

При постоянном режиме нагрузки оборудования баланс энергии может быть заменен соответствующим выражением баланса мощности:

$$P_{\text{потр}} = \Delta P_{\Sigma} + P_{\text{пол}} = \Delta P_{\text{пост}} + \Delta P_{\text{пер}} + P_{\text{пол}},$$

где $P_{\text{потр}}$ – потребляемая мощность, кВт;

ΔP_{Σ} – суммарная мощность потерь энергии $\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{пост}} + \Delta P_{\text{пер}}$;

$\Delta P_{\text{пост}}$ и $\Delta P_{\text{пер}}$ – мощность постоянных и переменных (нагрузочных) потерь;

$P_{\text{пол}}$ – полезная (выходная) мощность.

Для построения энергетической характеристики будем рассматривать окорочный станок как сочетание двух элементов: исполнительной части и механизма передачи (МП). На рис. 2 показана структурная схема передачи мощности в окорочном станке, приводимом в движение асинхронным двигателем (АД).

Исполнительной называют ту часть станка, которая выполняет заданную технологическую операцию, т.е. окорку древесины. К ней относят ротор с короснимателями (РО). Потребляемая ротором

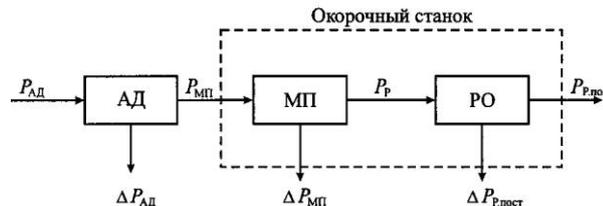


Рис. 2.

потребляемая ротором мощность $P_{\text{р}}$ содержит две составляющие: переменную (полезную) мощность $P_{\text{р.пол}}$ и постоянную $\Delta P_{\text{р.пост}}$ мощность потерь.

Таким образом,

$$P_{\text{р}} = P_{\text{р.пол}} + \Delta P_{\text{р.пост}} = c_{\text{р}} A^m + \Delta P_{\text{р.пост}}, \quad (1)$$

где $c_{\text{р}}$ – параметр, характеризующий энергоемкость окорки;

A – производительность станка;

m – показатель степени.

Рис. 1.

При номинальной производительности $A_{\text{ном}}$ окорочного станка мощность, потребляемая ротором, имеет номинальное значение:

$$P_{\text{р.ном}} = c_{\text{р}} A_{\text{ном}}^m + \Delta P_{\text{р.пост}}. \quad (2)$$

Отношение потребляемой мощности $P_{\text{р}}$ к ее номинальному значению $P_{\text{р.ном}}$ представляет собой технологический коэффициент нагрузки станка:

$$\gamma_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{P_{\text{р.ном}}} = \frac{A}{A_{\text{ном}}}. \quad (3)$$

Механизм передачи осуществляет преобразование движения в механической части электропривода станка. К нему относится ременная передача. Механизм передачи характеризуется потерями мощности, которые делят на две составляющие:

мощность постоянных потерь

$$\Delta P_{\text{МП.пост}} = a_{\text{МП}} P_{\text{р.ном}}; \quad (4)$$

мощность переменных потерь

$$\Delta P_{\text{МП.пер}} = \epsilon_{\text{МП}} P_{\text{р}} = \epsilon_{\text{МП}} \gamma_{\text{р}} P_{\text{р.ном}}, \quad (5)$$

где $a_{\text{МП}}$ – коэффициент постоянных потерь в МП;

$\epsilon_{\text{МП}}$ – коэффициент переменных потерь в МП.

Тогда мощность, подводимая к окорочному станку,

$$\begin{aligned} P_{\text{МП}} &= P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{МП.пост}} + \Delta P_{\text{МП.пер}} = \gamma_{\text{р}} P_{\text{р.ном}} + a_{\text{МП}} P_{\text{р.ном}} + \epsilon_{\text{МП}} \gamma_{\text{р}} P_{\text{р.ном}} = \\ &= P_{\text{р.ном}} [\gamma_{\text{р}} (1 + \epsilon_{\text{МП}}) + a_{\text{МП}}] = P_{\text{р}} (1 + \epsilon_{\text{МП}}) + a_{\text{МП}} P_{\text{р.ном}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициенты потерь в МП можно определить по двум показателям – номинальному КПД $\eta_{\text{ном.МП}}$ механизма передачи и отношению $\chi_{\text{МП}}$ потерь:

$$\chi_{\text{МП}} = \frac{\Delta P_{\text{МП.пост}}}{\Delta P_{\text{МП.пер.ном}}} = \frac{a_{\text{МП}}}{\epsilon_{\text{МП}}}. \quad (7)$$

Для простых кинематических схем обычно принимают $\chi_{\text{МП}} = 1$, т.е. полагают $a_{\text{МП}} = \epsilon_{\text{МП}}$. При этом номинальный КПД представляют как отношение полезной (отдаваемой) мощности $P_{\text{р.ном}}$ механизма передачи к потребляемой $P_{\text{МП.ном}}$, т.е.

$$\eta_{\text{ном.МП}} = \frac{P_{\text{р.ном}}}{P_{\text{МП.ном}}} = \frac{P_{\text{р.ном}}}{P_{\text{р.ном}} (1 + a_{\text{МП}} + \epsilon_{\text{МП}})} = \frac{1}{1 + a_{\text{МП}} + \epsilon_{\text{МП}}}, \quad (8)$$

откуда

$$a_{\text{МП}} + \epsilon_{\text{МП}} = \frac{1 - \eta_{\text{ном.МП}}}{\eta_{\text{ном.МП}}}. \quad (9)$$

Тогда, учитывая (1) и (6), составим уравнение энергетической характеристики $P_{\text{МП}} = f(A)$ механизма окорки станка:

$$\begin{aligned} P_{\text{МП}} &= (c_{\text{р}} A^m + \Delta P_{\text{р.пост}}) (1 + \epsilon_{\text{МП}}) + a_{\text{МП}} P_{\text{р.ном}} = \\ &= (1 + \epsilon_{\text{МП}}) c_{\text{р}} A^m + [(1 + \epsilon_{\text{МП}}) \Delta P_{\text{р.пост}} + a_{\text{МП}} P_{\text{р.ном}}] = c_{\text{ок}} A^m + \Delta P_{\text{ок.пост}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Слагаемое

$$\Delta P_{\text{ок.пост}} = (1 + \epsilon_{\text{МП}}) \Delta P_{\text{Р.пост}} + a_{\text{МП}} P_{\text{Р.ном}} = P_{\text{Р.ном}} [a_{\text{Р}} (1 + \epsilon_{\text{МП}}) + a_{\text{МП}}] \quad (11)$$

является мощностью постоянных потерь в окорочном станке.

Здесь $a_{\text{Р}} = \frac{\Delta P_{\text{Р.пост}}}{P_{\text{Р.ном}}}$ – коэффициент постоянных потерь в роторе.

В рассматриваемом случае мощность $\Delta P_{\text{МП.пост}}$ постоянных потерь в МП удобно представлять в долях не от номинальной мощности $P_{\text{Р.ном}}$ ротора (см. (4)), а от постоянной составляющей $\Delta P_{\text{Р.пост}}$ этой мощности. Тогда

$$\Delta P_{\text{МП.пост}} = c_{\text{МП}} \Delta P_{\text{Р.пост}} = a_{\text{МП}} P_{\text{Р.ном}} = c_{\text{МП}} a_{\text{Р}} P_{\text{Р.ном}}. \quad (12)$$

Отсюда

$$c_{\text{МП}} = a_{\text{МП}} \frac{P_{\text{Р.ном}}}{\Delta P_{\text{Р.пост}}} = \frac{a_{\text{МП}}}{a_{\text{Р}}}; \quad a_{\text{МП}} = c_{\text{МП}} \frac{\Delta P_{\text{Р.пост}}}{P_{\text{Р.ном}}}. \quad (13)$$

Подставляя (13) в (11), получаем

$$\Delta P_{\text{ок.пост}} = P_{\text{Р.ном}} \left[\frac{\Delta P_{\text{Р.пост}}}{P_{\text{Р.ном}}} (1 + \epsilon_{\text{МП}}) + c_{\text{МП}} \frac{\Delta P_{\text{Р.пост}}}{P_{\text{Р.ном}}} \right] = \Delta P_{\text{Р.пост}} (1 + \epsilon_{\text{МП}} + c_{\text{МП}}). \quad (14)$$

Таким образом, мощность, потребляемая ротором окорочного станка,

$$P_{\text{МП}} = (1 + \epsilon_{\text{МП}}) c_{\text{Р}} A^m + \Delta P_{\text{Р.пост}} (1 + \epsilon_{\text{МП}} + c_{\text{МП}}). \quad (15)$$

Определяем слагаемые, входящие в (15).

Согласно [2], мощность, потребляемая окорочным станком,

$$P_{\text{МП}} = \frac{P_{\text{Р}}}{\eta_{\text{МП}}} = \frac{z F_{\text{Р}} v + G_{\text{Р}} \mu_{\text{П}} v_{\text{П}}}{\eta_{\text{МП}}}, \quad (16)$$

где z – число короснимателей;

$F_{\text{Р}}$ – сила сопротивления окорке на одном короснимателе, Н;

v – скорость резания короснимателя, м/с;

$G_{\text{Р}}$ – вес ротора, Н;

$\mu_{\text{П}}$ – коэффициент трения в подшипнике ротора;

$v_{\text{П}}$ – окружная скорость подшипника ротора, м/с;

$\eta_{\text{МП}}$ – КПД механизма передачи от двигателя к ротору.

Скорость резания

$$v = \sqrt{v_1^2 + u^2},$$

где v_1 – окружная скорость короснимателя, м/с;

u – скорость подачи бревна, м/с;

В связи с тем, что величина v_1 во много раз превышает u , можно считать, что $v = v_1$ [4].

В этом случае

$$v = \frac{D_{\text{Б}} \omega}{2}, \quad (17)$$

где D_B – диаметр окариваемого бревна, м;

ω – угловая скорость ротора, c^{-1} .

Окружная скорость подшипника ротора

$$v_{\Pi} = \frac{D_{\Pi} \omega}{2}, \quad (18)$$

где D_{Π} – диаметр подшипника, м.

Сила сопротивления окорке на одном короснимателе состоит из усилия, затрачиваемого на отделение коры, и силы трения [3]:

$$F_P = k_o \epsilon_o + F_{\Pi} \mu_K, \quad (19)$$

где k_o – удельное сопротивление окорке на 1 м ширины снимаемой полосы коры, Н/м;

ϵ_o – ширина полосы коры, снимаемой одним короснимателем, м;

F_{Π} – усилие прижима короснимателя к поверхности бревна, $F_{\Pi} = q\epsilon$, Н;

q – удельное давление короснимателя, Н/м;

ϵ – ширина контактной площадки (толщина) кулачка, м;

μ_K – коэффициент трения короснимателя о древесину, принимаем

$$\mu_K = 0,18 \dots 0,20.$$

Величину ϵ_o определяем по следующей формуле:

$$\epsilon_o = \frac{2\pi u}{\omega z}. \quad (20)$$

Удельное сопротивление окорке k_o зависит от состояния древесины, породы и ϵ_o , его определяют по специальным графикам [5].

На основании формул (16) – (20) получаем

$$\begin{aligned} P_{МП} &= \frac{z(k_o \epsilon_o + q\epsilon \mu_K) v + G_P \mu_{\Pi} v_{\Pi}}{\eta_{МП}} = z \left(k_o \frac{2\pi u}{\omega z} + q\epsilon \mu_K \right) \frac{D_B \omega}{2\mu_{МП}} + \frac{G_P \mu_{\Pi} v_{\Pi}}{\eta_{МП}} = \\ &= \frac{\pi k_o u + zq\epsilon \mu_K \omega 0,5}{\eta_{МП}} D_B + \frac{G_P \mu_{\Pi} v_{\Pi}}{\eta_{МП}}. \end{aligned} \quad (21)$$

Учитывая, что производительность станка $A = \pi D_B^2$, имеем

$$D_B = \sqrt{\frac{A}{\pi u}}. \quad (22)$$

Подставляем (22) в (21):

$$P_{МП} = \frac{\pi k_o u + zq\epsilon \mu_K \omega 0,5}{\eta_{МП} \sqrt{\pi u}} \sqrt{A} + \frac{G_P \mu_{\Pi} v_{\Pi}}{\eta_{МП}} = c_{ок} \sqrt{A} + \Delta P_{ок.пост}. \quad (23)$$

Выражение (23) представляет собой уравнение энергетической характеристики механизма окорки станка, которое дает возможность проана-

лизировать влияние технических параметров станка на процесс потребления мощности.

Предполагая, что переменные потери в асинхронном двигателе изменяются пропорционально первой степени изменения нагрузки, можно получить формулы для определения коэффициентов переменных ϵ_D и постоянных a_D потерь в двигателе:

$$\epsilon_D + a_D = \frac{1}{\eta_{\text{ном.Д}}} - 1 = \frac{1 - \eta_{\text{ном.Д}}}{\eta_{\text{ном.Д}}}$$

Для определения коэффициентов потерь необходимо также знать отношение потерь:

$$\chi_D = \frac{\Delta P_{\text{пост.Д}}}{\Delta P_{\text{пер.Д.ном}}} = \frac{a_D}{\epsilon_D}.$$

Значения χ_D лежат в пределах от 0,5 до 1,0, их определяют по кривым [1].

Следует также учесть, что номинальной нагрузкой для двигателя будет номинальная мощность механизма (станка), которую рассчитывают по формуле (6) при $\gamma_p = 1$.

Таким образом, номинальная мощность на валу двигателя

$$P_{\text{ном.Д}} = P_{\text{МП.ном}} = P_{\text{р.ном}}(1 + \epsilon_{\text{МП}} + a_{\text{МП}}). \quad (24)$$

Мощность, потребляемая двигателем из сети при номинальной нагрузке ($A = A_{\text{ном}}$), может быть вычислена по аналогии с (24):

$$P_{\text{АД.ном}} = P_{\text{МП.ном}}(1 + a_D + \epsilon_D),$$

при произвольной нагрузке:

$$P_{\text{АД}} = P_{\text{МП.ном}}[\gamma_{\text{МП}}(1 + \epsilon_D) + a_D], \quad (25)$$

где $\gamma_{\text{МП}} = \frac{P_{\text{МП}}}{P_{\text{МП.ном}}}$ – коэффициент загрузки МП станка.

Из (25) можно найти зависимость мощности, потребляемой двигателем из сети, от производительности механизма, т.е. $P_{\text{АД}} = f(A)$:

$$\begin{aligned} P_{\text{АД}} &= P_{\text{МП.ном}}[\gamma_{\text{МП}}(1 + \epsilon_D) + a_D] = \gamma_{\text{М}} P_{\text{МП.ном}}(1 + \epsilon_D) + a_D P_{\text{МП.ном}} = \\ &= P_{\text{МП}}(1 + \epsilon_D) + a_D P_{\text{МП.ном}} = (1 + \epsilon_D)(c_{\text{ок}} \sqrt{A} + \Delta P_{\text{ок.пост}}) + a_D P_{\text{МП.ном}} = \\ &= (1 + \epsilon_D)c_{\text{ок}} \sqrt{A} + (1 + \epsilon_D)\Delta P_{\text{ок.пост}} + a_D P_{\text{МП.ном}} \end{aligned}$$

или

$$P_{\text{АД}} = c\sqrt{A} + \Delta P_{\text{пост}}. \quad (26)$$

Уравнение (26) представляет собой выражение энергетической характеристики электропривода механизма окорки роторного окорочного

станка. Анализ энергоемкости процесса окорки с помощью энергетических характеристик является предметом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексин, М.В.* Экономия энергоресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности [Текст] / М.В. Алексин [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 216 с.
2. *Залегаллер, Б.Г.* Технология и оборудование лесных складов [Текст]: учеб. для вузов / Б.Г. Залегаллер, П.В. Ласточкин, С.П. Бойков. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 352 с.
3. *Пигильдин, Н.Ф.* Окорка лесоматериалов [Текст] / Н.Ф. Пигильдин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 192 с.
4. *Симонов, М.Н.* Механизация окорки лесоматериалов [Текст] / М.Н. Симонов. – М.: Лесн. пром-сть, 1984 – 216 с.
5. *Симонов, М.Н.* Окорка древесины [Текст] / М.Н. Симонов, В.Г. Югов. – М.: Лесн. пром-сть, 1972 – 128 с.

Севмашвтуз
Поступила 29.08.05

S.P. Ageev

Energy Characteristic of Electric Drive of Barking Mechanism of Rotor Debarking Machine

Based on physico-technical barking processes the energy characteristic of the debarking machine is obtained as well as values affecting its parameters are determined.

УДК 674.053:621.934.321.21

А.М. Буглаев

Буглаев Анатолий Михайлович родился в 1949 г., окончил в 1973 г. Брянский технологический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механической технологии древесины. Имеет более 80 научных работ в области совершенствования деревообрабатывающего оборудования и дереворежущего инструмента.



МОБИЛЬНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОНКОМЕРНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Приведены конструкции мобильных круглопильных станков с вертикальным, горизонтальным и под углом одна к другой расположением пил, а также станка для обработки бревен, который можно использовать для изготовления из тонкомерной древесины заготовок, применяемых в деревянном домостроении.

Ключевые слова: мобильные круглопильные станки, тонкомерная древесина, станок для обработки бревен.

Развитие деревянного домостроения во многом сдерживается недостатком отечественного оборудования, особенно для обработки тонкомерной древесины [2]. В связи с этим нами разработаны мобильные деревообрабатывающие станки, которые можно использовать для изготовления заготовок, применяемых в домостроении [2].

Круглопильный станок с вертикальным расположением пил (рис. 1) имеет нижнюю 4 и верхнюю 7 пилы (установлены на валах электродвигателей 3, 8), способные горизонтально перемещаться по направляющим 18 и 9 типа «ласточкин хвост» с помощью винтовых передач (не показаны) и маховиков 17 и 10. Для сохранения положения пил в одной плоскости при таком перемещении на винтах закреплены звездочки цепной передачи 12. Все конструктивные элементы смонтированы на раме в виде тележки 13, собранной из уголков и швеллеров. Рама установлена на колеса с ребордами 14

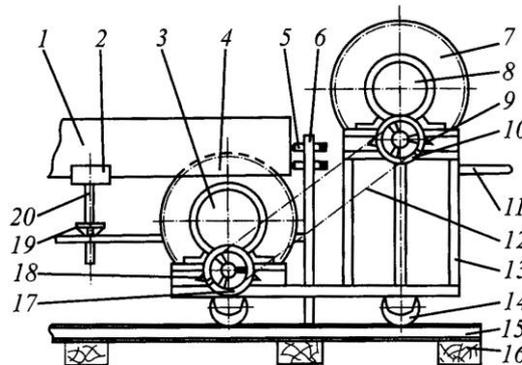


Рис. 1. Схема станка с вертикальным расположением пил

и может перемещаться по двум направляющим 15, закрепленным на шпалах 16. Тележку перемещают вручную с помощью ручки 11. Бревно 1, подлежащее распиловке, ориентируют на двух опорах 2 винтовой передачей 20, маховиком 19 и закрепляют с торцов винтовыми зажимами 5, размещенными в стойках 6.

Станок работает следующим образом. После требуемой регулировки положения бревна 1 его закрепляют с торцов винтовыми зажимами 5. Маховиком 17 и цепной передачей 12 устанавливают нужное расстояние между пилами 4 и 7, определяемое требуемой толщиной отпиливаемой доски. Затем оператор включает электродвигатели 3 и 8. Он же перемещает тележку 13 с помощью ручки 11 по направляющим 15, в результате чего отпиливает доску. Последнюю укладывают на подстопное место, а весь механизм возвращают в исходное положение. Расстояние между пилами 4 и 7 корректируют с учетом толщины следующей доски [3]. Далее процесс повторяют.

Недостаток такой конструкции: кабель питания электродвигателей перемещается вслед за тележкой, что создает опасность повреждения его изоляции.

Круглопильный станок с горизонтальным расположением пил 5 и 18 (рис. 2) укомплектован аналогичным механизмом подачи бревна 6, которое закрепляют на тележке 17 винтовыми зажимами 9, размещенными в стойках 8. Тележка на колесах 13 перемещается с помощью ручки 10 по направляющим 14, закрепленным на шпалах 15. Пилы 5 и 18, установленные на валах электродвигателей 4 и 19, вертикально перемещают по направляющим типа «ласточкин хвост» (не показаны) с помощью винтовой 1 и цепной 2 передач и маховиков 3. Эти механизмы смонтированы на раме 16, которая закреплена на концах удлиненных шпал 15. Расстояние между пилами устанавливают в зависимости от требуемой толщины отпиливаемой доски одним из маховиков 3, что обеспечивает синхронное перемещение по направляющим типа «ласточкин хвост» электродвигателей 4 и 19 с пилами 5 и 18 в вертикальном направлении. После установки пил включают их электродвигатели и надвигают на пилы тележку 17 с закрепленным на ней бревном 6.

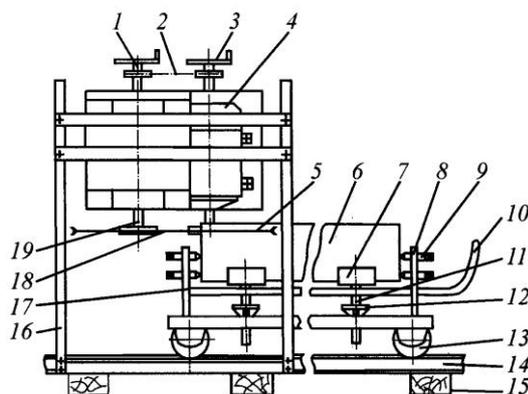


Рис. 2. Схема станка с горизонтальным расположением пил

Одним из достоинств такого станка является расположение центра тяжести бревна на более низком уровне, чем в станках с вертикальными пилами. Это гарантирует большую устойчивость станка. К недостаткам станка с горизонтальными пилами можно отнести несколько повышенную мощность пиления, что объясняется зажиманием пильных дисков весом отпиливаемой доски. Кроме того, силы резания действуют в плоскости, параллельной опорной поверхности станка, что обуславливает появление вредных нагрузок на пильные диски и тележку.

Круглопильный станок с расположением пил 2 и 8 под углом одна к другой (рис. 3) позволяет выпиливать из бревна заготовки, форма которых максимально близка к форме детали. Это обеспечивает уменьшение количества отходов по сравнению с пилением на станках, рассмотренных выше. Пилы 2 и 8, установленные на валах электродвигателей 3 и 1, можно передвигать во взаимно перпендикулярных плоскостях. Пила 2 с электродвигателем 3 перемещается в вертикальной плоскости по направляющим 4 «ласточкин хвост» с помощью маховика 5 и винтовой передачи (не показана), а пилу 8 с электродвигателем 1 устанавливают с помощью аналогичных механизмов в горизонтальной плоскости. Вся конструкция смонтирована на неподвижной раме 7. Бревно 6, закрепленное на тележке, перемещается вместе с ней по высоте и подается на пилы описанным ранее способом. Разработан и вариант механизированной подачи тележки с помощью электропривода.

У всех трех станков основные элементы конструкции (рама, направляющие типа «ласточкин хвост», винтовые и цепные передачи, колеса и детали рамы) взаимозаменяемы, что позволяет собирать станки из минимального количества узлов и деталей на небольшом станкостроительном предприятии. Их можно легко разобрать на отдельные узлы, что упрощает их погрузку и перевозку.

Изготовлен опытный образец станка, где использовали асинхронные электродвигатели мощностью 10 кВт и стандартные пилы с твердосплавными пластинками диаметром 315 мм. В качестве направляющих можно применять любые стандартные профили: уголки, швеллеры, двутавры и др.

Его опробование показало: станок обеспечивает выработку таких пиломатериалов, размеры которых соответствуют 15-16 К (квалитетам), шероховатостью $R_{m \max} = 60 \dots 180$ мкм. Непрямолинейность реза составляет 0,5 ... 1,0 мм на длине 6,5 м.

Применение в производстве подобных круглопильных станков обеспечивает существенное расширение промышленного использования тонкомерной древесины и высокую эффективность ее механической обработки.

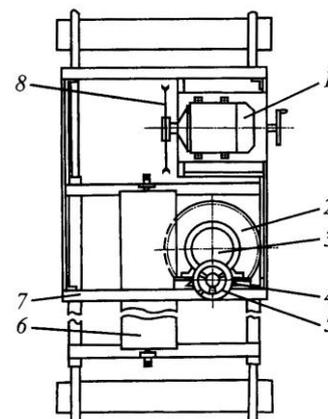


Рис. 3. Схема станка с расположением пил под углом одна к другой

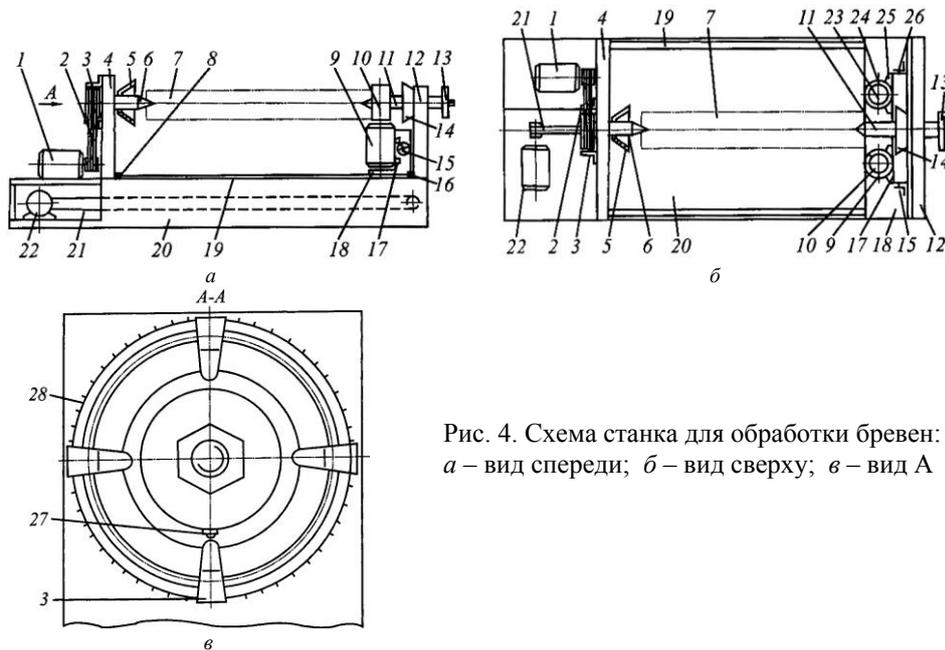


Рис. 4. Схема станка для обработки бревен:
 а – вид спереди; б – вид сверху; в – вид А

Станок для обработки бревен, позволяющий получать заготовки в виде цилиндров и многогранных призм [4] (рис. 4), содержит станину 20, на концах которой расположены вертикальные стойки 4 и 12. На стойке 4 размещен левый центр в виде вала 6, а на стойке 12 – правый центр в виде винта 11 с маховиком 13. В центрах закреплено бревно 7. Вал 6 с бревном 7 получает вращение от мотор-редуктора 1 через клиноременную передачу 2. Механизм резания представляет собой каретку 18, на которой закреплены электродвигатели 9 и 24 с фрезами 10 и 23, механизмы 17 и 25 регулировки их положения типа «ласточкин хвост» с маховиками 15 и 25. Каретка 18 может перемещаться на колесах (не показаны) по направляющим 19 от мотор-редуктора 22 через цепную передачу 21. Бревно 7 центрируют с помощью центроискателей 5 и 14 в виде чаш.

Угол поворота бревна 7 отсчитывают по лимбу 28 и определяют положением упоров 3, смонтированных на стойке 4, и концевого выключателя 27, закрепленного на ведомом шкиве клиноременной передачи 2.

Станок работает следующим образом. Бревно краном или вручную подается к центрам 6 и 11, центрируется центроискателями 5 и 14 и закрепляется винтом 11 с помощью маховика 13. После закрепления бревна центроискатели смещают к стойкам 4 и 12 и фиксируют штифтами (не показаны).

Фрезы 10 и 23, закрепленные на валах электродвигателей 9 и 24, с помощью маховиков 15 и 26 механизмов 17 и 25 регулировки положения устанавливают на толщину срезаемого слоя. После включения электродвигателей 11 и 24 и мотор-редуктора 22 происходит перемещение каретки 18 и обработка бревна с двух сторон. При подходе каретки к опоре 4 срабаты-

вает концевой выключатель 8, обеспечивающий отключение мотор-редуктора 22, электродвигателей 9, 24 и включение мотор-редуктора 1, который через клиноременную передачу 2 поворачивает вал 6 с бревном на заданный угол α . При этом упор 3 нажимает на концевой выключатель 27, что обеспечивает отключение мотор-редуктора 1, включение электродвигателей 9 и 24, включение и реверс мотор-редуктора 22. Происходит обработка еще двух сторон бревна. При подходе каретки 18 к опоре 12 срабатывает концевой выключатель 16, мотор-редуктор 22, электродвигатели 9 и 24 отключаются, а мотор-редуктор 1 включается, происходит поворот бревна и повторение обработки. После обработки всех сторон бревна оператор отключает мотор-редукторы 1 и 22, а также электродвигатели 9 и 24, с помощью маховика 13 отворачивает винт 11, удаляет бревно на подступное место. На позицию обработки к центрам 6 и 11 подают следующее бревно.

Время на подготовку станка к работе включает: подачу бревна, закрепление его в центрах, смещение чаш центроискателей от торцов бревна к станине и регулировку положения фрез на толщину снимаемого слоя. Станок позволяет путем установки различных ножей сборных фрез получать оцилиндрованные бревна, а также заготовки в виде многогранных призм.

Мощность электродвигателей станка для обработки бревен при фрезеровании – 5 ... 10 кВт, мощность мотор-редуктора механизма подачи – 1 ... 2 кВт, мощность мотор-редуктора для поворота бревна – 0,5 ... 1,0 кВт. Суммарная минимальная мощность станка составляет 11,5 кВт. Для экономии электроэнергии обработку бревна можно производить одной фрезой, однако это приведет к снижению производительности.

Для получения досок и бруса, увеличения полезного выхода древесины на станке возможна установка круглых пил, закрепляемых на валах электродвигателей взамен фрез. После отпиливания досок поверхности бруса целесообразно обработать фрезами для снижения шероховатости.

Анализ предложенных конструкций станков показал, что они отличаются относительно небольшой энерго- и металлоемкостью, просты в эксплуатации и могут быть изготовлены практически на любом машиностроительном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буглаев, А.М. Мобильные круглопильные станки для распиловки тонкомерной древесины [Текст] / А.М. Буглаев, В.П. Громыкин, В.В. Сиваков // Деревообработ. пром-сть. – 1998. – № 6. – С. 6–8.
2. Маковский, Н.В. Теория и конструкция деревообрабатывающих машин [Текст]: учеб. для вузов / Н.В. Маковский, В.В. Амалицкий, Г.А. Комаров, В.М. Кузнецов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 608 с.
3. Пат. 2122940 РФ. Устройство для ориентации дисковой пилы [Текст] / А.М. Буглаев, Е.А. Памфилов, В.П. Громыкин; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 97110473/13; 18.06.97; опубл. 10.12.98, Бюл. № 34. – 3 с.

4. Пат. 2171741 РФ. Станок для обработки бревен [Текст] / А.М. Буглаев, Е.А. Памфилов, Р.А. Машков; заявитель и патентообладатель БГИТА. – № 99113664; опубл. 10.08.01, Бюл. № 22. – 3 с.

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

Поступила 25.02.05

A.M. Buglaev

**Mobile Woodworking Equipment for Processing of
Small-dimension Wood**

The design of mobile radial saw machines is provided with vertical, horizontal and on-the-miter saws arrangement, as well as log processing machine to be used producing elements out of small-dimension wood applied in wooden house-building.



УДК 674.053:621

И.В. Мильченко

Мильченко Иван Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и земельного кадастра Архангельского государственного технического университета. Имеет около 40 печатных работ в области лесопиления, проектирования конструкций агрегатных станков торцевого фрезерования, контроля качества подготовки ленточных пил, использования геодезических инструментов для бесконтактного способа оценки технического состояния узла резания ленточнопильных станков, разработки приборов для наблюдения за динамикой развития деформационных трещин.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ РАМНОЙ РАСПИЛОВКИ

Предложены методика проведения экспериментов и обработка их результатов для установления закономерностей изменения глубины и строения неровностей на поверхности стенок пропила.

Ключевые слова: глубина и строение неровностей, поверхность стенок пропила.

Цель нашей статьи – исследовать, используя методику С.А. Воскресенского (МЛТИ), закономерности изменения глубины и характер строения неровностей на поверхности стенок пропила при рамной распиловке с невальцовой подачей.

Экспериментальное устройство (каретка), где помещают распиливаемый материал, перемещается винтовой парой (винт-гайка). Между кареткой и винтом можно помещать упругие элементы различной жесткости.

Нами изучено изменение шероховатости поверхности пропила. Для этого поле пласти делили на три области: начало пиления (1), основное пиление (2) и конец пиления (3); по высоте пропила (сверху вниз) поверхность делили на три зоны: I – III. Размеры I зоны (рис. 1) определяли в предположении влияния начала пиления от верхней мертвой точки (ВМТ) на удалении $y_0 = t \cos \alpha$ [3].

При определении размера I зоны по формулам [3] установлено, что для всех применяемых подач эти значения различаются незначительно и составляют до 30 мм. Поэтому прием длиной I зоны равной 30 мм. Размеры III зоны определены в предположении влияния скобления на расстоянии $t_{ск}$ [3]. При использовании для расчетов формулы $t_{ск} = R \cos \alpha$ [3], с учетом конечной длины шатуна, установлено, что для всех применяемых подач значения $t_{ск}$ находятся в диапазоне от 30 до 50 мм. Окончательно принято:



Рис. 1. Схема расположения областей (1 – 3) и зон (I – III) пиления

Подача, мм	10	20	30	40	50
------------	----	----	----	----	----

Зона III, мм	30	35	40	45	50
--------------	----	----	----	----	----

Оставшаяся часть распиливаемого образца приходится на II зону.

При надрезании древесины непосредственно лезвиями зубьев на поверхности распила образуются риски без дополнительных углублений от разрушения древесины, характеризующие ее шероховатость. Маккензи отмечал [1], что при резании в торец разрушения наблюдаются не только в плоскости обработки, но и ниже ее. Изменения в древесине происходят как в плоскости, перпендикулярной волокнам, так и в плоскости, параллельной поверхности обработки, но расположенной ниже.

Разрушения могут сопровождаться образованием трещин в плоскости обработки, а также сдвигом элементов стружки. Ниже поверхности обработки остаются сломанные концы пучков волокон, снимаемые при очередном проходе резца. Эти изменения влияют на шероховатость поверхности и требуют проведения замеров в плоскостях, перпендикулярных и параллельных волокнам.

Тогда, согласно методике С.А. Воскресенского, в каждой точке наблюдения требуется проводить по два замера: первый – в поперечном направлении Ht_{max} , второй – в продольном Hx_{max} . Критерием оценки формирования боковых стенок пропила будет соотношение Ht_{max}/Hx_{max} . Во внимание можно принимать $Ht_{max}/Hx_{max} \geq 1$. При $Ht_{max}/Hx_{max} > 1$ следует учитывать, что стенки пропила формируются не лезвиями зуба «в стадии надрезания», а за счет приложения максимального напряжения в точке наибольшей кривизны волокон перед режущей кромкой [1].

В каждой зоне по высоте, в соответствии с ГОСТ 15612–85, выбирали определенное число точек с максимальной глубиной разрушения с учетом базовой длины l . Оценку шероховатости проводили в лабораторных ус-

Номер реза (обозначение на рис. 2)	Δ , мм	m_2 , кг	$C_{мп}$, Н/мм	$C_{мп}$, Н/мм
Ель				
7 (а)	20	207,3	1774,8	721,0
15 (б)	20	151,4	2681,1	531,7
23 (в)	50	90,8	3175,2	373,2
31 (г)	10	64,0	5028,0	196,3
49 (д)	50	124,6	5535,8	909,4
Сосна				
3 (е)	40	151,4	1774,8	373,2
11 (ж)	50	90,8	2681,1	196,3
29 (з)	20	64,0	3175,2	909,4
37 (и)	50	124,6	5027,9	721,0
45 (к)	40	207,3	5535,8	531,7

ловиях сразу после распиловки. Высоту профиля неровностей определяли прибором ТСП-4. Условия эксперимента: высота распиливаемых образцов – 200 мм; порода древесины – ель, сосна; относительная плотность, приведен-

ная к стандартной влажности древесины, соответственно 380,2 и 425,7 кг/м³ [2]; рамные пилы – плющенные на одну сторону (~ 0,7 мм) с шагом 26 мм и постоянным профилем зуба и впадины (ГОСТ 980–82), передний угол 15°, угол заострения 47°, задний угол 28°, контурный угол резания 75°, длина задней грани 11 мм, средний радиус затупления около 23 мк; высота поперечного сечения пил (без зубьев) 153,3; 120,3; 83,4; 152,7 и 99,3 мм; жесткость подвески полотна пилы в пильной рамке $C_{\text{пн}} = 1774,8 \dots 5535,8$ н/мм; масса, надвигаемая на пилы, $m_2 = 64,0 \dots 207,3$ кг; скорость резания изменяли от 0 (при нахождении пильной рамки в ВМТ) до 7,77 м/с (при повороте кривошипа на 90°); ход пильной рамки 500 мм; жесткость упругого устройства механизма подачи $C_{\text{мп}} = 196,3 \dots 908,4$ н/мм. Для распиловки хвойных пород использовали условия работы, отраженные в таблице.

На рис. 2 приведены диаграммы зависимости $Ht_{\text{max}}/Hz_{\text{max}}$ для точек, расположенных на плоскости пропила.

1. Анализируя диаграммы, необходимо отметить, что они как для сосны, так и для ели, в I и III зонах отличаются между собой. Начало пиления и начало скобления при пилении характеризуются не только разными силами резания, но и получаемой шероховатостью.

2. При нежесткой подаче диаграммы представляют колебательную кривую с различными частотой и амплитудой. Колебания начинаются в I зоне, проходят II и заканчиваются уже в III.

3. Диаграммы в основном располагаются над линией $Ht_{\text{max}}/Hz_{\text{max}} = 1$, т.е. пиление происходит за счет сдвига и разрыва древесины в наиболее слабых поперечных связях между волокнами по обе стороны пропила, очень редко разрушение происходит от смятия, раздавливания (при значительных подаче или массе, надвигаемой на пилы).

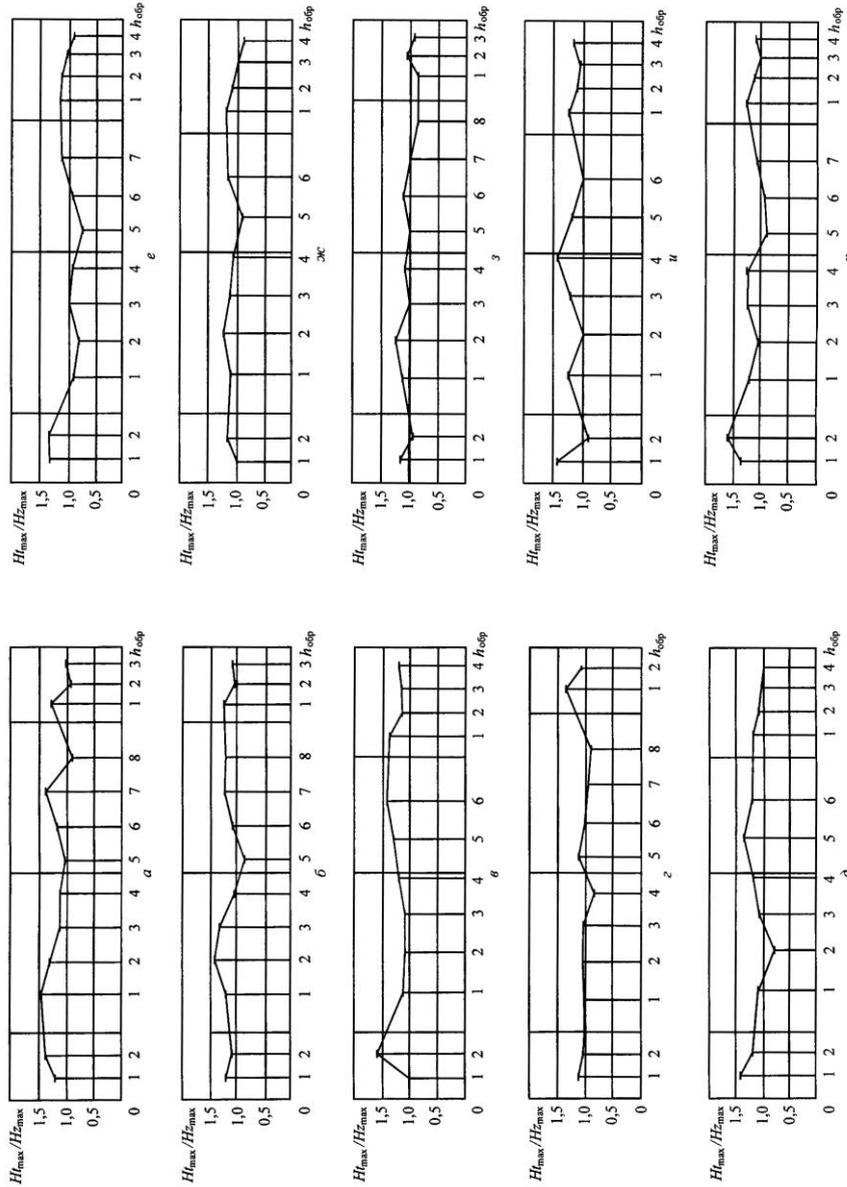


Рис. 2. Диаграммы зависимости $H_{\text{max}} / H_{z_{\text{max}}}$ для
древесины ели ($a - \delta$) и сосны ($e - \kappa$)
(характеристики см. в

4. С увеличением плотности древесины возрастает частота колебаний диаграммы.

5. Во II зоне амплитуда колебаний снижается, стремясь к $H_{\text{max}}/H_{z_{\text{max}}} = 1$, т.е. наступает процесс резания.

6. С увеличением подачи распиливаемого материала на пилы амплитуда диаграммы растет.

7. При нежесткой подаче процесс в I зоне проходит более спокойно.

8. С ростом скорости резания при нежесткой подаче уменьшается амплитуда диаграммы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кох, П. Процессы механической обработки древесины [Текст] / П. Кох. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 328 с.
2. Перелыгин, Л.М. Древесиноведение [Текст] / Л.М. Перелыгин, Б.Н. Уголев. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 288 с.
3. Фонкин, В.Ф. Лесопильные рамы и околорамное оборудование [Текст] / В.Ф. Фонкин. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 200 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 22.09.05

I.V. Milchenko

Roughness of Timber Sawn by Frame-saw

The technique for carrying out experiments and processing their results to establish regularities of depth changing and roughness character on the surface of saw cut walls is offered.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.017.27

Я.В. Казаков, С.В. Зеленова, В.И. Комаров

Казаков Яков Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 60 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



Зеленова Светлана Владимировна родилась в 1981 г., окончила в 2003 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет 16 печатных работ в области исследования структуры и деформационных свойств целлюлозно-бумажных материалов.



Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный работник лесной промышленности, член международного научного общества EUROMECH. Имеет более 400 научных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕСТКОСТИ КАРТОНОВ-ЛАЙНЕРОВ

Предложены математические модели и создано программное обеспечение для прогнозирования характеристик жесткости картона по результатам анализа на просвет.

Ключевые слова: картон, структура, микро- и макроструктура, неоднородность просвета, жесткость, корреляция.

В соответствии с современным представлением бумага и картон являются капиллярно-пористыми коллоидными вязкоупругими материалами, структуру которых образуют стохастически распределенные в плоскости листа и по его толщине волокна, связанные межволоконными связями различной природы [1].

При исследовании и оценке структуры бумаги различают два подхода: микро- и макроструктурный. Микроструктура бумаги определяется осо-

бенностями строения элементов композиции бумаги и характером связей ее исходных компонентов – волокон и вспомогательных веществ [2].

Неоднородность физических свойств, в том числе колебание плотности в различных участках бумаги, непосредственно связаны с характером распределения волокон и их ассоциаций в бумажном листе, т.е. определяется макроструктурой. При изучении макроструктуры бумаги используют косвенные методы, основанные на оценке вариации физических свойств бумаги или средних значений некоторых характеристик ее объема и поверхности. Наибольшее распространение получили оптические методы, среди них – определение неравномерности просвета, или облачности [5], поскольку неоднородность оптической плотности бумаги, как и многих других ее характеристик, непосредственно связана с неоднородностью строения листа. Неравномерность просвета является связующим звеном между технологией и потребительскими свойствами.

Современные анализаторы просвета позволяют дать количественную оценку макроструктуры бумаги и картона, а следовательно, качества формования. В наших исследованиях был использован анализатор «АНФОР 02-2», который обеспечивает объективность оценки качества просвета бумажного полотна, характеризуя его численными величинами [6]. В анализаторе с помощью осветителя создается ярко освещенный участок бумажного образца размером 150 × 150 мм, изображение которого в проходящем свете фиксируется цифровой видеокамерой и анализируется с помощью программного обеспечения. Основой для анализа является яркость луча, прошедшего через лист бумаги и сохраненного ПЗС-матрицей в массиве точек. Колебания яркости обрабатываемых точек характеризуют неоднородность структуры материала.

Характеристики, определяемые на «АНФОР 02-2», могут быть разделены на три группы: характеристики распределения яркости точек образца относительно среднего значения (показатели оптической неоднородности бумаги); геометрические характеристики неоднородностей; характеристики, оценивающие неравномерность распределения массы в образце.

К первой группе характеристик относятся: светопропускание T , неоднородность просвета σ ; контрастность K ; индекс формования H .

Светопропускание характеризует непрозрачность материала. Его рассчитывают как отношение среднего значения яркости прошедшего через образец света I_i к яркости падающего на образец света I_0 :

$$T = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i}{I_0} 100\% , \quad (1)$$

где n – количество обрабатываемых точек.

Как правило, при увеличении массы 1 м² бумаги значение светопропускания уменьшается.

Неоднородность просвета σ определяют как среднееквадратическое отклонение яркости всех точек образца I_i от среднего значения яркости I_{cp} :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_i - I_{\text{cp}})^2}, \quad (2)$$

$$\text{где } I_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i. \quad (3)$$

Образцам бумаги с худшим качеством просвета соответствуют более высокие значения неоднородности просвета. Для образца с идеальным просветом, т.е. в случае, когда яркости всех точек образца одинаковы, значение неоднородности просвета равно нулю. Для реальных видов бумаги значение данного параметра находится, как правило, в пределах от 2 до 10, для картона – существенно выше.

Контрастность K определяют как отношение неоднородности просвета к среднему значению яркости:

$$K = C_1 \frac{\sigma}{I_{\text{cp}}}, \quad (4)$$

где C_1 – постоянный коэффициент.

Наглядной иллюстрацией качества просвета бумаги является гистограмма распределения яркости (рис. 1), на которой по оси абсцисс отложены значения яркости, а по оси ординат – относительное число точек, имеющих данную яркость. Более высокая и узкая гистограмма соответствует лучшему просвету и характеризует индекс формования H , определяемый как отношение высоты гистограммы h к ее ширине d (количество градаций яркости, присутствующих в данном образце):

$$H = C_2 \frac{h}{d}. \quad (5)$$

Здесь C_2 – постоянный коэффициент.

Расчет геометрических параметров иллюстрирует рис. 2, где показано распределение светового потока Φ , прошедшего через образец вдоль выбранной линии. Линии сканирования выбирают в продольном и поперечном направлениях. Средние размеры неоднородностей в продольном $l_{\text{прод}}$ и поперечных $l_{\text{попер}}$ направлениях определяют по одной и той же формуле, различие состоит в направлении сканирования:

$$l_{\text{прод}}, l_{\text{попер}} = \frac{2L}{N}, \quad (6)$$

где L – длина линии сканирования;

N – количество пересечений графика светового потока с его средним значением.

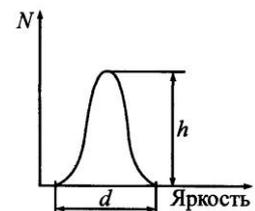
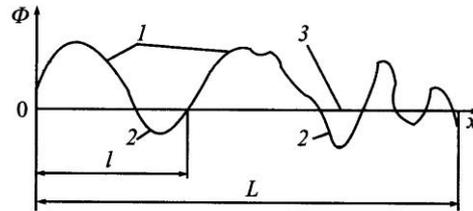


Рис. 1. Принцип определения индекса яркости

Рис. 2. Принцип расчета параметров неоднородностей в бумаге: Φ – световой поток; x – пространственная координата; L – длина линии сканирования; l – размер неоднородности; l – промоины; 2 – флоккулы; 3 – средний световой поток



Средний размер неоднородностей выражают как среднее арифметическое:

$$d_{\text{ср}} = \frac{l_{\text{прод}} + l_{\text{попер}}}{2}. \quad (7)$$

Анизотропию определяют как соотношение средних длин неоднородностей в продольном и поперечном направлениях:

$$A = \frac{l_{\text{прод}}}{l_{\text{попер}}}. \quad (8)$$

Методика расчета параметров, характеризующих неравномерность распределения массы в образце, пояснена на рис. 3. Бумага (картон) представляется как плоский лист толщиной s , на обеих поверхностях которого расположены холмы (флоккулы) и ямы (промоины). Рассчитывают (в относительных единицах) суммарный объем всех флоккул – избыток массы в образце $M_{\text{изб}}$ и всех промоин – недостаток массы в образце $M_{\text{нед}}$. Их сумму называют неравномерностью распределения масс W . Чем выше значение данных параметров, тем хуже качество просвета. Соотношение распределения масс

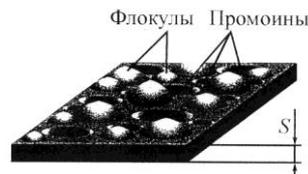


Рис. 3. Принцип расчета параметров, характеризующих неравномерность распределения массы в образце

$$Q = \frac{M_{\text{изб}}}{M_{\text{нед}}}. \quad (9)$$

Нами были проведены исследования качества формирования 6 видов картона для плоских слоев гофрированного картона (масса 1 м^2 – 125, 140 и 150 г): топ-лайнер с белым покровным слоем (KTL), картон универсальный (KU), крафт-лайнер марок K0 (K0) и KVS (KVS). В зависимости от вида картона выборка составляла от 27 до 156 образцов.

На анализаторе просвета «АНФОР 02-2» получены оптические характеристики различных видов картонов-лайнеров, статистическая характеристика которых представлена в табл. 1. Средние значения величин оптических характеристик исследованных картонов-лайнеров иллюстрирует рис. 4.

Разные производители, композиция, качество и масса 1 м^2 исследованных видов картона дают возможность оценить влияние этих факторов на оптические и жесткостные свойства материалов.

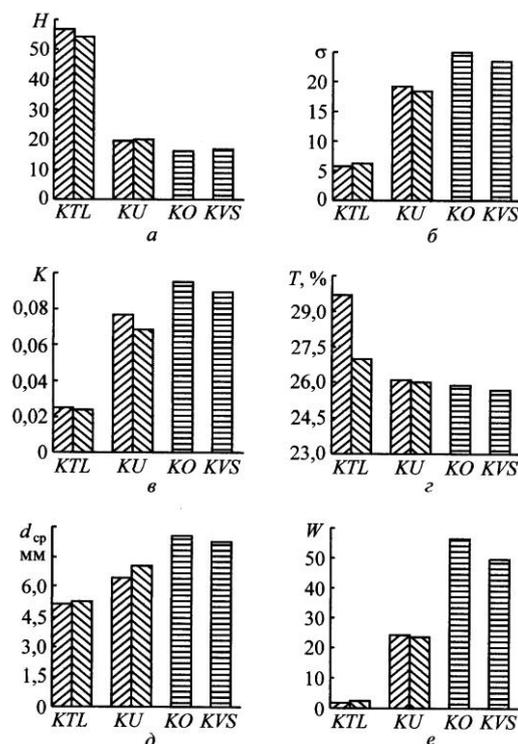
Таблица 1

Средние величины оптических характеристик образцов картона-лайнера

Картон	Масса 1 м ² , г	Характеристика	H	σ	K	T, %	<i>l</i> _{прод.}	<i>l</i> _{попер.}	A	<i>d</i> _{ср.}	<i>M</i> _{пзб}	<i>M</i> _{нед}	W	Q
							мм			мм				
KTL	125	<i>X</i> _{ср}	56,89	5,76	0,025	29,7	11,45	10,83	1,01	5,16	0,91	0,92	1,78	0,99
		<i>X</i> _{min}	42,30	4,90	0,021	28,0	10,40	9,80	0,85	4,60	0,41	0,52	0,96	0,37
		<i>X</i> _{max}	65,90	7,60	0,030	33,0	15,60	14,90	1,13	6,80	3,05	2,00	5,05	1,72
		σ _x	3,93	0,44	0,002	1,39	0,79	0,87	0,07	0,35	0,41	0,29	0,58	0,30
	140	<i>X</i> _{ср}	54,40	6,09	0,024	27,0	11,71	10,99	1,00	5,28	0,98	1,17	2,15	0,90
		<i>X</i> _{min}	44,20	5,00	0,021	26,0	10,40	10,00	0,80	4,70	0,48	0,60	1,08	0,42
		<i>X</i> _{max}	63,10	7,70	0,029	29,0	14,60	12,10	1,12	6,00	1,44	2,45	3,64	1,70
		σ _x	4,33	0,57	0,002	0,83	0,84	0,60	0,08	0,31	0,28	0,48	0,64	0,30
KU	125	<i>X</i> _{ср}	19,59	19,10	0,077	26,1	12,71	12,67	0,97	6,46	8,53	16,01	24,37	0,58
		<i>X</i> _{min}	14,70	13,00	0,006	25,0	10,70	10,10	0,72	5,00	3,18	1,03	7,74	0,23
		<i>X</i> _{max}	26,80	32,70	0,680	28,0	17,60	20,10	1,11	8,70	40,29	71,91	112,20	1,01
		σ _x	2,71	3,17	0,050	0,34	1,22	1,58	0,07	0,70	4,16	9,94	13,34	0,14
	140	<i>X</i> _{ср}	19,83	18,40	0,068	26,0	14,29	14,57	0,95	7,10	8,53	15,62	23,56	0,62
		<i>X</i> _{min}	15,70	15,00	0,008	25,0	11,50	11,00	0,67	5,80	2,35	6,00	1,56	0,32
		<i>X</i> _{max}	24,60	22,20	0,086	27,0	22,90	24,90	1,12	8,40	14,36	30,81	42,51	1,01
		σ _x	2,19	1,94	0,013	0,35	1,94	2,57	0,10	0,69	2,66	6,25	8,14	0,17
K0	150	<i>X</i> _{ср}	16,16	25,04	0,095	25,9	16,18	17,22	0,92	8,57	16,61	40,75	56,32	0,44
		<i>X</i> _{min}	13,00	17,90	0,024	24,0	13,00	13,00	0,54	0,20	6,95	12,07	19,02	0,14
		<i>X</i> _{max}	20,60	33,20	0,122	27,0	29,10	36,00	1,17	11,40	55,38	115,80	111,46	1,03

KVS	150	σ_x	1,73	3,08	0,013	0,56	2,43	3,92	0,13	1,16	5,88	17,16	19,19	0,13
		X_{cp}	16,81	23,54	0,090	25,7	16,22	16,22	0,90	8,26	13,44	35,79	49,57	0,40
		X_{min}	14,00	18,20	0,070	23,0	11,80	12,90	0,56	6,70	7,04	13,55	20,74	0,23
		X_{max}	19,80	30,90	0,118	27,0	29,60	31,30	1,07	9,80	21,37	68,40	86,72	0,59
		σ_x	1,78	3,31	0,012	0,82	3,70	3,76	0,13	0,83	4,38	12,88	16,28	0,10

Рис. 4. Средние значения оптических характеристик картонов-лайнеров: *a* – индекс формования, *б* – неоднородность просвета, *в* – контрастность, *г* – светопропускание, *д* – средний размер неоднородностей, *е* – неравномерность распределения масс; □ – масса 1 м² 125 г, □ – 140 г, □ – 150 г



Наилучшие показатели просвета выявлены у картона с белым покровным слоем. Этот картон, в композиции основного слоя которого использованы небеленая хвойная и лиственная целлюлоза нормального выхода и беленая целлюлоза с наполнителем в покровном слое, имеет небольшую толщину и высокую плотность. Низкая неоднородность просвета этого картона подтверждает хорошие печатные свойства наружного слоя.

Наиболее дешевый материал – картон универсальный, в композиции которого используют сульфатную целлюлозу высокого выхода и нейтрально-сульфитную лиственную полуцеллюлозу (до 40 ... 60 %), имеет наихудшие показатели качества формования.

Из гостированных видов картона качество формования картона KVS выше, чем картона KO, что подтверждают полученные величины характеристик просвета. Следовательно, производители картона KVS, повышая механические характеристики картона, одновременно добиваются и улучшения качества формования.

Для всех видов картона отмечен факт увеличения неоднородности просвета при повышении массы 1 м², что связано с ухудшением условий формования на сетке картоноделательной машины (КДМ). Однако изменение характеристик качества просвета при изменении массы 1 м² меньше, чем при переходе к другому виду картона.

Таким образом, по степени влияния на характеристики просвета факторы можно расположить в ряд: вид картона (композиция по волокну),

Таблица 2

Механические характеристики образцов картона-лайнера

Картон	Масса 1 м ² , г	S_b , Н·м	S_t , кН/м	RCT , Н	Число образцов
<i>KTL</i>	125	0,89	678	180	49
<i>KU</i>	125	1,30	621	193	156
<i>KTL</i>	140	1,22	735	223	30
<i>KU</i>	140	1,92	696	245	33
<i>K0</i>	150	1,87	703	254	123
<i>KVS</i>	150	1,88	697	257	27

марка картона, масса 1 м². При этом внутри каждого вида картона имеет место определенный разброс характеристик, оценивающих качество формования. Возникает вопрос, насколько изменение качества формования картона приводит к изменению механических характеристик образцов одной и той же марки картона.

Потребительские свойства гофрированного картона и ящиков зависят от совокупности свойств исходных материалов и, главным образом, от их жесткости при растяжении, сжатии и изгибе.

Для выявления степени влияния неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнеров одной марки у образцов с измеренными характеристиками просвета определены жесткость при изгибе S_b (Н·м), растяжение S_t (кН/м) и сжатие RCT (Н), а также средние значения характеристик, представленные в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показал, что вид картона и масса 1 м² избирательно влияют на характеристики жесткости при растяжении, сжатии и изгибе. Так, картон топ-лайнер, обладая самой высокой жесткостью при растяжении и достаточной жесткостью при сжатии, имеет наименьшую жесткость при изгибе (при одинаковой массе 1 м²). Наибольшей жесткостью при изгибе обладает картон универсальный, а наибольшей жесткостью при сжатии – картон марок К0 и КВС.

Количественная оценка взаимосвязи качества просвета с механическими характеристиками картонов-лайнеров проведена с применением корреляционного и регрессионного анализов [3]. Коэффициенты парной корреляции представлены в табл. 3.

В отличие от данных, полученных для писче-печатной бумаги [4], парный корреляционный анализ характеристик каждого вида картона показал низкую тесноту связи, т.е. вариации величин жесткости картона при изменении структурных характеристик картона данной марки меньше, чем при изменении композиции или массы 1 м².

Для проведения множественного корреляционного анализа [3] из всего списка характеристик неоднородности структуры картона были выбраны четыре: неравномерность распределения масс $W - X_1$; неоднородность просвета $\sigma - X_2$; показатель светопропускания $T - X_3$, включенный в список для учета влияния массы 1 м² картона;

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции структурных и механических характеристик образцов картона-лайнера

Картон	Масса 1 м ² , г	У	H	σ	K	T	l _{прод}	l _{попер}	A	d _{ср}	M _{изб}	M _{нед}	W	Q
KTL	125	S _b , Н·м	-0,297	0,250	0,109	-0,118	0,118	0,278	-0,205	0,108	0,289	-0,119	0,152	0,469
		S _t , кН/м	-0,118	0,058	-0,234	-0,367	0,111	0,128	-0,383	0,069	0,269	-0,183	0,013	0,318
		RCT, Н	0,052	-0,076	-0,412	-0,362	0,025	-0,037	0,020	-0,107	0,089	-0,295	-0,132	0,309
	140	S _b , Н·м	-0,574	0,543	0,410	-0,620	0,230	0,199	-0,058	0,331	0,561	0,310	0,482	0,024
		S _t , кН/м	0,197	-0,175	-0,282	-0,263	-0,001	-0,425	-0,019	-0,332	-0,182	-0,041	-0,109	-0,195
		RCT, Н	-0,079	0,129	0,003	-0,260	-0,028	-0,042	0,310	-0,095	0,307	0,074	0,193	0,001
KU	125	S _b , Н·м	-0,087	0,110	0,003	-0,052	-0,007	-0,014	0,001	0,042	0,040	0,076	0,071	-0,064
		S _t , кН/м	0,248	-0,198	-0,093	-0,128	-0,016	-0,118	-0,019	-0,132	-0,212	-0,200	-0,205	0,047
		RCT, Н	-0,185	0,171	0,052	0,116	0,111	0,167	0,080	0,185	0,127	0,169	0,154	0,012
	140	S _b , Н·м	-0,222	0,172	-0,008	-0,175	0,018	0,248	-0,095	0,141	-0,055	0,082	0,119	-0,171
		S _t , кН/м	0,210	-0,206	-0,212	-0,026	-0,016	0,129	-0,088	-0,113	-0,330	-0,068	-0,149	-0,070
		RCT, Н	0,167	-0,125	-0,308	0,060	0,124	0,282	-0,295	-0,021	-0,156	-0,080	0,008	0,049
K0	150	S _b , Н·м	0,308	-0,430	-0,426	-0,165	-0,046	0,284	-0,304	-0,028	-0,224	-0,331	-0,325	0,310
		S _t , кН/м	0,221	-0,320	-0,221	-0,112	-0,182	0,150	-0,117	-0,080	-0,182	-0,256	-0,285	0,221
		RCT, Н	0,142	-0,224	-0,159	0,104	-0,200	0,016	-0,030	-0,073	-0,127	-0,136	-0,198	0,077
KVS	150	S _b , Н·м	0,265	-0,461	-0,449	-0,156	-0,069	0,010	-0,135	-0,311	-0,448	-0,313	-0,367	-0,088
		S _t , кН/м	0,262	-0,321	-0,329	-0,195	0,030	-0,011	-0,014	-0,064	-0,182	-0,168	-0,186	0,035
		RCT, Н	0,204	-0,171	-0,147	0,175	0,114	-0,040	0,084	-0,027	-0,026	-0,081	-0,063	0,220

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции.

Таблица 4

Множественные коэффициенты корреляции ($W - X_1$; $\sigma - X_2$; $T - X_3$; $d_{cp} - X_4$)

Картон	Масса 1 м ² , г	Y	$r_{Y,12}$	$r_{Y,13}$	$r_{Y,14}$	$r_{Y,23}$	$r_{Y,24}$	$r_{Y,34}$	$r_{Y,123}$	$r_{Y,124}$	$r_{Y,234}$	$r_{Y,134}$	$r_{Y,1234}$	
KTL	125	S_b , Н·м	0,26	0,18	0,15	0,25	0,27	0,15	0,26	0,27	0,27	0,18	0,27	
		S_t , кН/м	0,08	0,37	0,10	0,38	0,07	0,37	0,38	0,11	0,40	0,40	0,38	0,40
		RCT, Н	0,14	0,42	0,13	0,44	0,11	0,40	0,44	0,14	0,44	0,44	0,42	0,44
	140	S_b , Н·м	0,54	0,67	0,48	0,70	0,56	0,64	0,70	0,56	0,71	0,71	0,67	0,71
		S_t , кН/м	0,19	0,35	0,39	0,40	0,35	0,50	0,40	0,39	0,50	0,50	0,51	0,52
		RCT, Н	0,21	0,28	0,40	0,26	0,32	0,32	0,29	0,40	0,39	0,39	0,45	0,45
KU	125	S_b , Н·м	0,13	0,09	0,08	0,12	0,14	0,07	0,13	0,14	0,15	0,10	0,15	
		S_t , кН/м	0,21	0,23	0,21	0,23	0,20	0,18	0,24	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24
		RCT, Н	0,29	0,24	0,26	0,29	0,38	0,11	0,30	0,38	0,39	0,39	0,29	0,39
	140	S_b , Н·м	0,19	0,20	0,14	0,23	0,17	0,22	0,25	0,20	0,23	0,22	0,22	0,26
		S_t , кН/м	0,22	0,16	0,15	0,21	0,21	0,12	0,23	0,22	0,22	0,22	0,16	0,23
		RCT, Н	0,30	0,06	0,04	0,13	0,16	0,06	0,30	0,30	0,17	0,08	0,08	0,31
K0	150	S_b , Н·м	0,43	0,35	0,36	0,45	0,46	0,17	0,45	0,46	0,48	0,39	0,48	
		S_t , кН/м	0,32	0,30	0,29	0,33	0,32	0,13	0,34	0,33	0,34	0,31	0,34	
		RCT, Н	0,23	0,23	0,20	0,25	0,22	0,13	0,26	0,23	0,25	0,23	0,23	0,26

KVS	150	S_b , Н·м	0,22	0,23	0,22	0,20	0,17	0,17	0,25	0,24	0,22	0,24	0,26
		S_t , кН/м	0,28	0,23	0,26	0,23	0,26	0,14	0,29	0,31	0,26	0,27	0,32
		RCT , Н	0,20	0,08	0,12	0,17	0,21	0,11	0,20	0,23	0,21	0,13	0,23

Таблица 5

Коэффициенты уравнения регрессии b_i и оценки точности аппроксимации (r , δ) уравнением вида $Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+b_4x_4$

Картон	Масса 1 м ² , г	Y	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	r	δ
KTL	125	S_b , Н·м	0,733	-0,0047	0,047	0,0004	-0,021	0,27	4,31
		S_t , кН/м	974	-3,81	-16,08	-10,05	19,88	0,40	3,25
		RCT , Н	401	-2,37	-9,88	-5,90	3,14	0,44	7,65
	140	S_b , Н·м	2,24	-0,0028	0,067	-0,045	-0,043	0,71	3,24
		S_t , кН/м	1210	8,68	-6,03	-9,89	-35,97	0,52	1,92
		RCT , Н	569	17,96	1,81	-6,41	-42,22	0,45	8,52
KU	125	S_b , Н·м	1,85	-0,0008	0,013	-0,023	-0,025	0,15	6,91
		S_t , кН/м	963	-0,41	-1,88	-12,80	5,87	0,24	5,02
		RCT , Н	46,51	0,0034	-3,59	5,50	11,07	0,39	7,07
	140	S_b , Н·м	3,44	-0,005	0,026	-0,079	0,024	0,26	6,71
		S_t , кН/м	982	0,781	-8,68	-6,54	3,62	0,23	4,63
		RCT , Н	233	1,30	-6,07	3,42	0,54	0,31	5,31
K0	150	S_b , Н·м	3,94	-0,0002	-0,034	-0,058	0,035	0,48	8,37
		S_t , кН/м	968	-0,257	-3,58	-7,29	3,29	0,34	4,67

KVS	150	<i>RCT</i> , H	157	-0,087	-1,45	5,14	0,57	0,26	7,42
		<i>S_b</i> , H·м	5,50	-0,00001	-0,028	-0,112	0,0053	0,60	9,39
		<i>S_i</i> , кН/м	609	-0,603	-1,71	9,40	-11,27	0,32	5,67
		<i>RCT</i> , H	207	-0,131	0,70	1,85	-3,76	0,23	6,17

средний размер неоднородностей $d_{\text{ср}} - X_4$. Рассчитаны множественные коэффициенты корреляции, отражающие совокупное влияние двух $r_{Y,12}$, трех $r_{Y,123}$ и четырех $r_{Y,1234}$ факторов. Множественные коэффициенты корреляции имеют несколько более высокие значения, чем парные (табл. 4). Величина множественных коэффициентов корреляции возрастает при увеличении числа учитываемых факторов. Следовательно, множественный корреляционный анализ дает более объективную оценку корреляционной связи, поскольку при варьировании технологических факторов различные оптические характеристики изменяются одновременно, хотя и в различной степени.

Для прогнозирования жесткости картона по его оптическим характеристикам в результате множественного регрессионного анализа получены линейные уравнения (табл. 5). В качестве входных параметров использованы те же характеристики просвета, что и во множественном корреляционном анализе. Для большинства видов картона уравнения регрессии имеют погрешность от 2 до 9 % и, следовательно, обладают высокой прогнозирующей способностью характеристик жесткости при растяжении, сжатии и изгибе.

Выводы

1. Получены экспериментальные данные о неоднородности структуры картонов-лайнеров и корреляции величин структурных и физико-механических характеристик.

2. Анализ характеристик неоднородности структуры для нескольких видов картонов-лайнеров показал, что по степени влияния на характеристики просвета факторы можно расположить в следующий ряд: вид картона (композиция по волокну), марка картона, масса 1 м^2 . При этом внутри каждого вида картона имеет место определенный разброс характеристик, оценивающих качество формования.

3. Получены уравнения регрессии и создано программное обеспечение, позволяющие по результатам неразрушающего контроля на анализаторе просвета «АНФОР 02-2» иметь прогнозные оценки для характеристик жесткости при растяжении, сжатии и изгибе различных видов картона-лайнера с погрешностью, не превышающей 2 ... 9 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсман, Л.М. Структура бумаги и методы ее контроля [Текст] / Л.М. Вайсман. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 152 с.
2. Галактионов, Б.В. Объективная оценка просвета бумаги [Текст] / Б.В. Галактионов, Е.И. Иванова, Ю.П. Сырников [и др.] // Изв. СПб ЛТА. – СПб, 1993. – С. 117–131.
3. Денисенко, В.П. Корреляционный анализ в целлюлозно-бумажном производстве / В.П. Денисенко, М.И. Тергицкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 152 с.
4. Казаков, Я.В. Влияние оптической неоднородности структуры на деформационные и прочностные характеристики писче-печатной бумаги [Текст] / Я.В. Казаков, С.В. Зеленова, В.И. Комаров // Лесной и химический комплексы – пробле-

мы и решения: материалы Всерос. научно-практ. конф., посвященной 75-летию СибГТУ. Т. I. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – С. 172–176.

5. ОСТ 13-299–87 Бумага. Неоднородность просвета. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1987.

6. Установка для определения качества просвета (формования) бумаги, картона и волокнистых полуфабрикатов «АНФОР 02-2» [Текст]: инструкция по эксплуатации. – СПб.: ООО НТЦ «Промприбор», 2003. – 22 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 1.04.06

Ya.V. Kazakov, S.V. Zelenova, V.I. Komarov

Influence of Structural Nonuniformity on Stiffness Characteristics of Linerboard

Mathematical models are proposed and software is developed for predicting stiffness characteristics of cardboard based on gap analysis results.

УДК 676.163.4

Ф.Х. Хакимова

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 более 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.



ОСОБЕННОСТИ БИСУЛЬФИТНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ МОЛОДОЙ И СПЕЛОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ

В процессе изучения особенностей пропитки и бисульфитной делигнификации молодой и спелой древесины ели установлено, что древесина тонкомерной ели делигнифицируется медленнее, но это не является препятствием для ее использования в качестве полноценного сырья для бисульфитной варки.

Ключевые слова: молодая и спелая древесина ели, пропитка, делигнификация, лигнин, пентозаны, выход, диаграмма Росса, субмикроструктура.

Целлюлозно-бумажная промышленность России при реальном сокращении лесных ресурсов в настоящее время испытывает определенные трудности в обеспечении сырьем, что обуславливает необходимость рационального использования и комплексной переработки всей заготавливаемой древесины.

Для расширения сырьевой базы предприятий европейской части страны, выпускающих сульфитную целлюлозу и испытывающих недостаток древесного сырья, представляет интерес вовлечение в переработку нетрадиционных видов сырья. Существенными преимуществами сульфитного метода варки по сравнению с сульфатным являются более высокий выход и легкая белимость целлюлозы.

Одним из дополнительных источников сырья для сульфитцеллюлозных заводов может служить древесина, получаемая при проведении рубок ухода. Ресурсы молодой тонкомерной древесины в стране значительны и могут покрывать большую часть возрастающих потребностей отрасли в сырье [2].

Особенности морфологического строения молодой тонкомерной древесины, различия плотности и химического состава по сравнению со спелой обуславливают необходимость исследования процесса ее делигнификации. В ходе экспериментов нами были изучены закономерности пропитки бисульфитной варочной кислотой и бисульфитной делигнификации молодой и спелой древесины ели.

В связи с тем, что на ряде сульфитцеллюлозных заводов применяют варочный раствор, по составу близкий к бисульфитному, в исследованиях использовали варочную кислоту следующего состава: 3,8 ... 4,0 % всего SO_2 ; 1,75 ... 1,80 % связанного SO_2 ; pH 2,5...2,6.

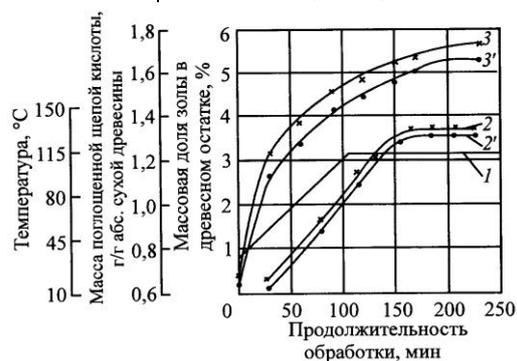
Характеристика физических свойств и химического состава использованной древесины приведена в табл. 1. Молодая тонкомерная древесина

Таблица 1

Физические свойства и химический состав молодой (числитель) и спелой (знаменатель) древесины ели

Показатель	Значение показателя
Диаметр на пне, см:	
с корой	5,9 / 24,8
без коры	5,6 / 22,5
Средневзвешенная плотность, кг/см ³	377 / 397
Массовая доля, % от исходной древесины:	
целлюлозы (по Кюршнеру)	52,3 / 54,7
лигнина (по Комарову)	29,4 / 28,2
пентозанов	10,2 / 8,3
веществ, экстрагируемых горячей водой (90°С)	3,1 / 2,3
смола и жиров	1,9 / 2,3
зола	0,4 / 0,3
полисахаридов:	
легкогидролизуемых	16,9 / 16,0
трудногидролизуемых	40,5 / 42,0

Рис. 1. Изменение температуры (1), массы поглощенной щепой кислоты (2, 2') и массовой доли золы в древесном остатке (3, 3') в процессе пропитки молодой (2, 3) и спелой (2', 3') древесины ели



отличается от спелой меньшим содержанием целлюлозы (по Кюршнеру), смол и жиров, но повышенным содержанием лигнина, пентозанов, золы и веществ, экстрагируемых горячей водой, а также пониженной плотностью.

Внимание вопросу пропитки было уделено потому, что она является первой стадией в комплексе превращений, составляющем процесс сульфитной делигнификации, и от ее успешного проведения, в конечном итоге, зависит результат варки.

Использовали следующий режим пропитки щепы: подъем температуры до 115 °С в течение 110 мин, стоянка при 115 °С – 120 мин с отбором проб древесного остатка при подъеме температуры через 30 мин и на стоянке через 10 мин. Древесную щепу для пропитки брали в воздушно-сухом состоянии.

Сравнение кривых, представленных на рис. 1, показывает, что динамика пропитки тонкомерной и спелой древесины бисульфитной варочной

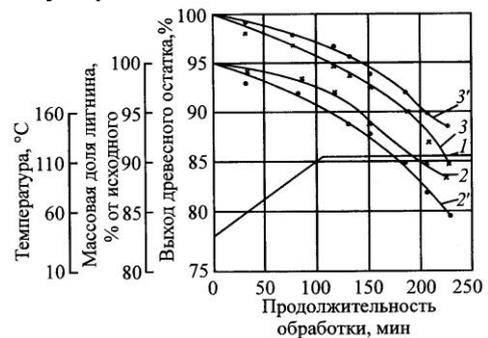
кислотой при выбранном режиме различается незначительно, однако вследствие меньшей плотности тонкомерная древесина пропитывается легче.

На рис. 1 приведено также изменение зольности древесного остатка, характеризующее как жидкостную, так и диффузионную пропитку. Показатель этот растет на протяжении всего процесса для обоих образцов древесины, но более интенсивно для молодой ели.

Пропитка тонкомерной древесины по сравнению со спелой характеризуется переходом в раствор меньшего количества лигнина, однако выход древесного остатка у этого образца ниже, что, вероятно, объясняется переходом в раствор на данном этапе водорастворимых веществ и гидролизом пентозанов, повышенная доля которых характерна для тонкомерной древесины ели. В результате к концу пропитки (через 120 мин) выход древесного остатка для тонкомерной и спелой древесины составляет соответственно 86,0 и 89,6 % (рис. 2).

Период заварки при сульфитной варке (совпадающий с периодом пропитки) характеризуется переходом в раствор небольшого количества органических веществ древесины и быстрым расходом диоксида серы, что связано с образованием твердой лигносульфоновой кислоты и ее солей.

Рис. 2. Изменение температуры (1), массовой доли лигнина в древесном остатке (2, 2') и выхода древесного остатка (3, 3') в процессе пропитки молодой (2, 3) и спелой (2', 3') древесины ели



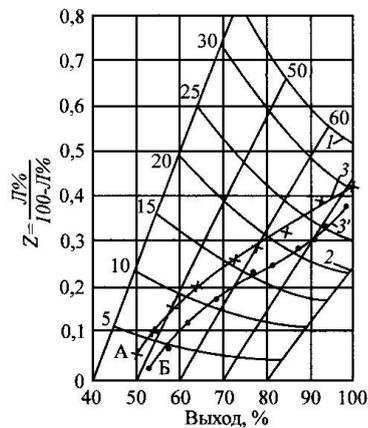
Некоторая доля сульфонированного лигнина в этот период, как отмечено выше, переходит в раствор. Наиболее интенсивный переход в раствор сульфонированного лигнина и гидролиз углеводной части, вызывающий резкое снижение выхода древесного остатка, происходит во второй период процесса делигнификации, т.е. на стадии собственно варки.

Бисульфитную делигнификацию древесины осуществляли по следующему графику: подъем температуры до 115 °С – 1 ч 45 мин, пропитка при температуре 115 °С – 1 ч, подъем температуры до 150 °С – 1 ч 30 мин, варка на конечной температуре 150 °С – 1 ч 45 мин.

Данные об изменениях состава древесного остатка в ходе бисульфитной делигнификации представлены на рис. 3, 4.



Рис. 5. Диаграмма Росса для бисульфитной делигнификации молодой (3) и спелой (3') древесины ели: 1 – линии постоянного содержания лигнина, 2 – углеводов; 3, 3' – кривые делигнификации



Анализ растворения лигнина и изменения выхода древесного остатка при делигнификации показывает, что второй период процесса (подъем температуры до конечной и варка при конечной температуре) характеризуется интенсивным растворением лигнина и существенным снижением выхода древесного остатка. Характер изменения содержания лигнина в древесном остатке в ходе сульфитной делигнификации для сравниваемых образцов древесины примерно одинаковый, но по абсолютной величине массовая доля лигнина для тонкомерной ели на всем протяжении варки остается несколько выше, чем для спелой. Выход древесного остатка в течение всего процесса ниже для образца из тонкомерной ели, несмотря на относи-

тельно более медленную делигнификацию, и, соответственно, более высокую массовую долю лигнина в древесном остатке.

При одинаковой степени делигнификации сравниваемых образцов выход целлюлозы из тонкомерной древесины меньше на 2 ... 4 %. Эта разница определяется, очевидно, более высоким содержанием в тонкомерной древесине водорастворимых веществ, пониженным содержанием целлюлозы и более интенсивным растворением пентозанов в ходе варки.

Процесс делигнификации представлен на диаграмме Росса [1], которая наглядно отражает удаление из древесины лигнина и растворение углеводов. Анализ диаграммы показывает, что характер этих процессов для молодой и спелой ели практически одинаковый (рис. 5). При сравнении полученных кривых выявлена более низкая степень интенсивности делигнификации молодой древесины. Диаграмма подтверждает также полученные ранее данные о более интенсивном растворении лигнина на конечной стадии варки после достижения массовой доли лигнина в целлюлозе примерно 10 %; на этой стадии повышается избирательность процесса делигнификации как молодой, так и спелой древесины.

Пентозаны исследуемых образцов древесины на первой стадии варки переходят в раствор весьма интенсивно, затем процесс замедляется. В период интенсивного растворения лигнина массовая доля пентозанов в твердом остатке из спелой ели изменяется незначительно, а в древесном остатке из молодой ели массовая доля пентозанов снижается до конца

Таблица 2

Характеристика углеводного состава бисульфитной целлюлозы из молодой (числитель) и спелой (знаменатель) древесины ели

Показатель	Значение показателя
Массовая доля, % от абс. сухой древесины:	
а) моносахариды (в пересчете на полисахариды):	
галактоза	– / –
глюкоза	28,9 / 29,6
манноза	7,3 / 8,1
арабиноза	– / –
ксилоза	
б) сумма моносахаридов (в пересчете на полисахариды)	42,0 / 44,4
Выход целлюлозы, %	49,6 / 52,1

процесса. В результате этого массовая доля пентозанов ниже в целлюлозе из тонкомерной древесины (см. рис. 4).

В образцах целлюлозы примерно одинаковой степени делигнификации из молодой и спелой древесины определен также углеводный состав (табл. 2). Массовая доля как отдельных моносахаридов, так и их сумма несколько выше для целлюлозы из спелой ели. Очевидно, этим и можно объяснить больший выход целлюлозы из данной древесины. Анализируя угле-

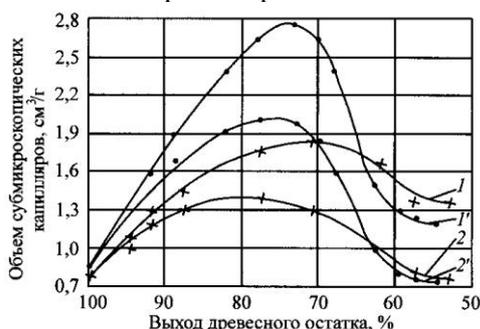
водный состав, необходимо отметить отсутствие в гидролизатах галактозы и арабинозы.

Результаты исследований показали, что различия в процессе пропитки еловой древесины разного возраста незначительны. Однако скорость делигнификации сравниваемых образцов различна: тонкомерная древесина ели делигнифицируется несколько труднее, чем спелая.

Значительную роль в процессе делигнификации древесного сырья играет степень развития капиллярно-пористой системы клеточных оболочек древесины. При определении объема субмикроскопических капилляров (ОСК) клеточных оболочек исследуемой древесины и стенок волокон был использован метод эксклюзии водорастворимого полимера (полиэтиленгликоль) [3]. Данный метод позволяет количественно охарактеризовать капиллярно-пористую систему древесины и стенок целлюлозных волокон во влажном состоянии, в результате чего достигается адекватное представление о ее формировании и роли в условиях делигнификации.

Динамика изменения ОСК в процессе сульфитной делигнификации древесины ели представлена на рис. 6. В период пропитки еловой древесины происходит интенсивное набухание клеточных оболочек, трахеид, причем показатели ОСК спелой ели несколько выше, чем молодой. ОСК после пропитки спелой древесины составляет $1,86 \text{ см}^3/\text{г}$, тонкомерной – $1,47 \text{ см}^3/\text{г}$. Значительное набухание клеточных стенок в этот период можно объяснить разрушением лигноуглеводной матрицы древесного вещества,

Рис. 6. Изменение объема субмикроскопических капилляров молодой (1, 2) и спелой (1', 2') древесины ели в процессе бисульфитной делигнификации: 1, 1' – $\text{см}^3/\text{г}$ остатка, 2, 2' – $\text{см}^3/\text{г}$ исходной древесины



а также накоплением сульфогрупп в твердом остатке. В период подъема и стоянки на конечной температуре продолжается увеличение ОСК в клеточных стенках в основном за счет интенсивного перехода в раствор лигнина и частичного растворения углеводных компонентов. Этот этап совпадает с резким снижением выхода древесного остатка, ОСК увеличивается в 2,3 раза для молодой ели и в 3 раза для спелой по сравнению с исходными значениями. При делигнификации спелой древесины достигаются более высокие значения ОСК – $2,65 \dots 2,75 \text{ см}^3/\text{г}$.

Далее при продолжающемся интенсивном выводе сульфонированных и деструктурированных макромолекул лигнина и гемицеллюлоз происходит значительное снижение степени набухания стенок трахеид. На заключительной стадии делигнификации практически полностью растворяются

компоненты сложных срединных пластинок и образцы разделяются на волокна.

Таким образом, делигнификация тонкомерной древесины ели проходит несколько медленнее из-за относительно менее развитой капиллярно-пористой структуры, что, по нашему мнению, объясняет «торможение» удаления лигнина. Однако указанные различия в ходе делигнификации древесины молодой и спелой ели не являются существенными, что позволяет использовать тонкомерную древесину как полноценное сырье для бисульфитных варок целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лендъел, П.* Химия и технология целлюлозного производства [Текст] / П. Лендъел, Ш. Морвай; пер. с нем. Ф.Б. Дубровинской под ред. А.Ф. Тищенко. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 544 с.
2. *Лысяк, Т.К.* Использование всей биомассы дерева в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] / Т.К. Лысяк, В.А. Жалина, Ю.Н. Непенин, Ю.А. Гугнин: обзор. информ. / ВНИПИЭИлеспром. – Вып. 4. – М., 1982. – 48 с.
3. *Трейманис, А.П.* Роль субмикроскопических капилляров целлюлозы в процессе пересаждения глюкуронооксиана [Текст] / А.П. Трейманис, В.С. Громов, А.А. Кампусе // Химия древесины. – 1975. – № 4. – С. 22–29.

Пермский государственный
технический университет
Поступила 10.05.06

F.Kh. Khakimova

Characteristics of Bisulfite Delignification of Young and Mature Spruce Timber

In the process of studying the peculiarities of impregnation and bisulfite delignification of young and mature spruce timber it is established that timber of small-dimension spruce undergoes delignification slower but it's not a an obstacle for its use as valuable raw material for bisulfite cooking.

УДК 676.16

М.А. Холмова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев

Холмова Марина Анатольевна родилась в 1981 г., окончила в 2003 г. Архангельский государственный технический университет. Аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет более 10 печатных работ в области получения сульфатной хвойной небеленой целлюлозы высокого выхода.



Гурьев Александр Владиславович родился в 1965 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных трудов в области исследования свойств и разработки технологии производства и переработки тарного картона.



ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СВОБОДНО ОТДЕЛЯЕМЫХ И ПРИНУДИТЕЛЬНО РАЗДЕЛЯЕМЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ХВОЙНОЙ ЦВВ

Предложен новый подход к оценке свойств сульфатной хвойной небеленой ЦВВ, при котором полуфабрикат рассматривают как смесь двух видов волокон: свободно отделяемых и принудительно разделяемых.

Ключевые слова: небеленая сульфатная целлюлоза высокого выхода, свободно отделяемые волокна, принудительно разделяемые волокна, физико-механические свойства.

Особенностью технологии сульфатной хвойной целлюлозы высокого выхода (ЦВВ), используемой в композиции крафт-лайнера, является необходимость разделения полупроваренной щепы на волокна (в дальнейшем – разволокнение) с помощью двухступенчатого горячего размола, а также наличие замкнутой системы сортирования волокна и переработки отходов с последующим их возвратом в основной поток [1, 5]. В результате проведения этих операций получают полуфабрикат, представляющий собой смесь волокон двух видов: свободно отделяемое волокно (СОВ), которое образуется в основном в результате гидродинамического воздействия при выдувке полученной массы; принудительно разделяемое волокно (ПРВ), которое получают при дополнительном внешнем механическом воздействии в ходе горячего размола.

Физико-механические свойства такого полуфабриката обусловлены относительным содержанием и свойствами указанных компонентов. Отно-

сительное содержание СОВ и ПРВ в композиции сульфатной хвойной ЦВВ зависят, в первую очередь, от размеров и свойств щепы, наличия и условий пропитки варочным щелоком, параметров варки и последующего разволокнения.

В настоящее время отсутствует теория, позволяющая установить количественную связь между физико-механическими свойствами отдельных целлюлозных волокнистых полуфабрикатов и механическим поведением материала, приготовленного из их смеси [2–4]. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение свойств СОВ и ПРВ и определение влияния относительного содержания ПРВ в смеси на свойства сульфатной хвойной ЦВВ.

Пробы целлюлозной массы отбирали непосредственно из выдувных линий потоков А, В и С варочно-промывного цеха целлюлозного завода. Режимы варок сульфатной ЦВВ по потокам: В – температура варки 165 ... 175 °С, расход активной щелочи 14 ... 15 % к массе абс. сухой древесины, продолжительность варки 110 мин, предварительная пропитка щепы варочным щелоком в течение 50 мин при температуре 110 °С; А и С – температура 165 ... 175 °С, расход активной щелочи 14 ... 15 % к массе абс. сухой древесины, продолжительность варки 48 мин без предварительной пропитки щепы.

При промывке отобранной массы в лабораторных условиях на сцезах было получено СОВ. Оставшуюся в сцезе неразволокненную массу разделяли на волокна в центробежном размалывающем аппарате при концентрации 6 % и температуре 80 °С в течение 15 мин. При ее промывке было получено ПРВ.

У образцов СОВ и ПРВ определяли число Каппа, которое соответственно составило в технологических потоках: В – 82 и 97 ед., С – 86 и 95 ед., А – 69 и 79 ед. Существенное отличие этого показателя у СОВ и ПРВ, полученных из массы технологических потоков А и С, вызвано особенностью отбора проб в режиме временного останова котла. Таким образом, число Каппа для двух видов волокон в каждом из трех технологических потоков отличается примерно на 10 ед.

Таблица 1

**Бумагообразующие свойства СОВ (числитель) и ПРВ (знаменатель)
сульфатной хвойной ЦВВ**

Технологический поток, расчетный параметр K	Число Каппа, ед.	l_w , мм	МКФ, %	$F_{св}$, мПа	ρ , г/см ³
С	82	2,36	9,3	1,46	0,79
	97	2,39	10,2	1,68	0,75
K , %	–	+1,3	+9,6	+15,1	–5,7
В	86	1,83	22,7	1,60	0,77
	95	2,04	13,4	1,26	0,75
K , %	–	+11,5	–41,1	–21,2	–2,0

A	$\frac{69}{79}$	$\frac{1,99}{2,12}$	$\frac{15,2}{13,2}$	$\frac{1,73}{1,40}$	$\frac{0,81}{0,74}$
K, %	–	+6,5	–11,5	–19,1	–9,7

В качестве характеристик бумагообразующих свойств образцов СОВ и ПРВ использовали следующие показатели: средневзвешенная длина волокна l_w , относительное содержание волокон мелкой фракции МКФ (массовая доля волокон длиной менее 1,2 мм), межволоконные силы связи по методу Иванова $F_{св}$, плотность структуры ρ (табл. 1).

В табл. 1, кроме средних величин характеристик, приведены расчетные значения параметра $K = ((\text{ПРВ} - \text{СОВ})100)/\text{СОВ}$, %, позволяющего оценить различие бумагообразующих свойств двух видов волокон.

Из табл. 1 следует, что варки без предварительной пропитки щепы варочным щелоком СОВ отличаются меньшей средневзвешенной длиной волокна и большими межволоконными силами связи по сравнению с ПРВ. Снижение числа Каппа двух видов волокон приводит к увеличению средневзвешенной длины волокна и разницы значений средневзвешенной длины волокна на 5,0 % и сил связи на 2,0 %. При этом увеличивается плотность СОВ и несколько снижается плотность ПРВ, а их разница возрастает на 6,3 %.

Исследование свойств ЦВВ с различным относительным содержанием ПРВ проводили на лабораторных образцах, имеющих массу $1 \text{ м}^2 150 \text{ г}$ и изготовленных из полуфабрикатов, размолотых до степени помола $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{ШР}$. Содержание ПРВ в образцах варьировали от 0 до 100 % с шагом 10 %.

У всех полученных образцов ЦВВ определены показатели, характеризующие различные группы физико-механических свойств: прочность оценивали по сопротивлению продавливанию Π ; разрывной длине L_p и разрушающему усилию при сжатии кольца RCT; жесткость – по сопротивлению сжатию короткого участка образца SCT, жесткости при растяжении S_t и изгибе S_b .

В ходе предварительного анализа показателей физико-механических свойств лабораторных образцов выяснилось, что принятый шаг варьирова-

Таблица 2

Характеристики прочности и жесткости образцов ЦВВ с различным содержанием ПРВ

Технологический поток	Содержание ПРВ, %	Π , кПа	L_p , м	RCT, Н	SCT, кН/м	S_t , Н/м	S_b , Н·м
А	0	1 170	10 400	440	6,61	970	3,68
	10...20	1 000	9 500	388	6,16	910	3,57
	30...40	1 060	9 100	400	6,22	920	3,93
	50...60	1 090	8 700	400	5,97	1 000	3,36
	70...80	990	8 600	390	6,10	900	3,50
	90...100	980	8 500	385	6,02	950	3,56
В	0	1 130	10 100	405	6,00	1 010	3,34

С	10...20	1 060	9 700	410	5,84	940	3,59
	30...40	1 090	8 600	410	5,81	900	3,08
	50...60	1 040	8 400	420	5,93	940	3,79
	70...80	1 050	8 800	410	5,91	935	3,42
	90...100	1 020	8 010	400	5,89	925	3,63
	0	1 090	8 600	435	6,10	800	3,37
	10...20	996	9 400	405	6,06	935	3,51
	30...40	1 000	9 110	404	6,25	945	3,82
	50...60	980	8 400	405	6,10	905	3,84
	70...80	1 000	8 820	380	5,80	910	3,56
	90...100	990	7 800	380	5,48	875	3,49

ния содержания ПРВ в композиции сульфатной ЦВВ, равный 10 %, оказался слишком мелким, поскольку свойства образцов отличались несущественно. Поэтому для дальнейшего анализа образцы были сгруппированы по относительному содержанию ПРВ в ЦВВ: 10 ... 20, 30 ... 40, 50 ... 60, 70 ... 80, 90 ... 100 %. Значения характеристик прочности и жесткости соответствующих групп образцов представлены в табл. 2.

Уже при содержании до 20 % ПРВ в композиции полуфабриката наблюдается значительное снижение исследуемых характеристик. Дальнейшее увеличение содержания ПРВ приводит к незначительному снижению свойств полуфабриката. Наиболее существенно это проявляется для сопротивления продавливанию на всех технологических потоках, разрывной длины на потоках А и В, разрушающего усилия при сжатии кольца на потоках А и С, жесткости при растяжении на потоке В. В целом при увеличении содержания ПРВ в композиции полуфабриката показатели физико-механических свойств снижаются на 3 ... 18 %.

По результатам испытаний образцов при одноосном статическом растяжении были построены кривые зависимости «напряжение–деформация» и получены показатели, характеризующие процесс деформирования: пределы упругости σ_{\square} и упругой деформации ε_1 , разрушающее напряжение σ_p , деформация ε_p и работа A_p разрушения, начальный модуль упругости E_1 , энергия, поглощаемая при растяжении образца до разрушения (ТЕА).

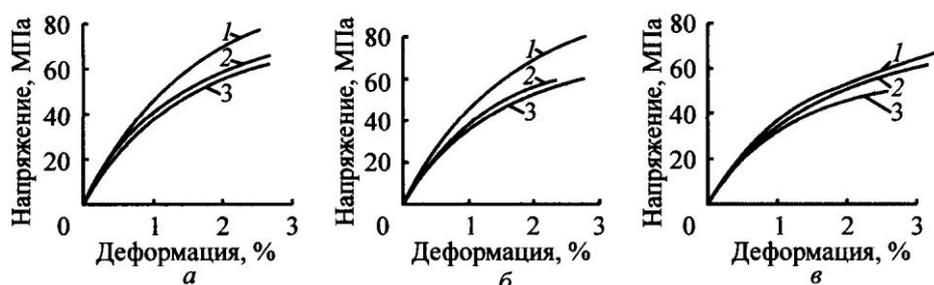
Таблица 3

**Характеристики, полученные при обработке кривых зависимости
«напряжение – деформация»**

Технологический поток	Содержание ПРВ, %	ε_1 , %	σ_1 , МПа	ε_p , %	σ_p , МПа	E_1 , МПа	A_p , мДж	ТЕА, Дж/м ²
А	0	0,51	26,2	2,54	77,7	5260	334	246
	10...20	0,44	19,9	3,19	73,0	4600	435	297
	30...40	0,35	16,2	3,05	70,6	4750	406	278
	50...60	0,37	18,6	2,74	67,6	5130	348	232
	70...80	0,38	16,8	2,92	66,6	4460	372	248
	90...100	0,35	15,8	2,94	67,0	4580	392	262

В	0	0,49	24,6	2,81	80,3	5160	409	272
	10...20	0,37	18,3	2,97	78,7	5040	419	278
	30...40	0,43	18,7	2,45	60,9	4460	277	185
	50...60	0,40	17,8	2,54	63,8	4500	315	210
	70...80	0,38	17,9	2,91	69,3	4640	381	254
	90...100	0,38	16,7	3,02	68,4	4450	405	270
С	0	0,41	16,7	3,26	65,8	4190	406	271
	10...20	0,46	21,1	2,78	71,1	4670	367	245
	30...40	0,44	20,4	3,16	77,5	4730	457	305
	50...60	0,30	13,0	2,67	62,5	4470	319	213
	70...80	0,40	18,4	2,99	70,6	4420	397	265
	90...100	0,46	18,8	2,68	58,3	4260	310	207

При анализе данных табл. 3 установлено, что образцы, имеющие максимальные значения предела упругой деформации и предела упругости, обладают низкими или минимальными значениями работы и деформации разрушения. Так, на потоке А это СОВ, на потоке С – ПРВ, на потоке В – ЦВВ, содержащая в композиции 30 % ПРВ. Максимальной работой разрушения и энергией, поглощаемой при растяжении образца до разрушения, обладают ЦВВ, содержащие в композиции 10 ... 20 % ПРВ на потоках А и В, 30 ... 40 % ПРВ на потоке С.



Зависимость «напряжение – деформация» для лабораторных образцов сульфатной хвойной ЦВВ, полученных на технологических потоках А (а), В (б) и С (в), при содержании ПРВ в композиции, %: 1 – 0; 2 – 50; 3 – 100

Как видно из рисунка, на всех технологических потоках производства сульфатной хвойной ЦВВ наибольшую способность к деформированию при растяжении имеют образцы СОВ, а наименьшую – ПРВ.

Выводы

1. Свойства ПРВ и СОВ сульфатной хвойной ЦВВ существенно отличаются: первые имеют большие средневзвешенную длину волокна и число Каппа, меньшую адгезионную способность.
2. Физико-механические свойства СОВ по сравнению с ПРВ выше в среднем на 7 %.
3. Наибольшую способность к деформированию при растяжении имеют образцы СОВ.

4. Показано, что для получения заданных значений характеристик деформативности и прочности необходима оптимизация относительного содержания СОВ и ПРВ в композиции сульфатной хвойной ЦВВ, которую можно осуществить, изменяя параметры варки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галеева, Н.А.* Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода [Текст] / Н.А. Галеева. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 318 с.
2. *Комаров, В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов [Текст] / В.И. Комаров. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 440 с.
3. *Кулезнев, В.Н.* Смеси полимеров [Текст] / В.Н. Кулезнев. – М.: Химия, 1980. – 304 с.
4. *Тагер, А.А.* Физикохимия полимеров [Текст] / А.А. Тагер. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
5. *Gullichsen, J.* Papermaking Science and Technology [Text] / J. Gullichsen // A series of 19 books. – Helsinki: TAPPI PRESS, 1998. – 693 p. – Book 6A: Chemical Pulping.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 29.01.06

M.A. Kholmova, V.I. Komarov, A.V. Gurjev

Influence of Ratio of Freely Separated Fiber and Forcibly Separable Fiber on Characteristics of Sulphate Softwood Pulp of High Yield

New approach to assessment of sulphate softwood unbleached pulp of high yield is proposed under which the semi-finished product is treated as a mixture of two fiber types: freely separated and forcibly separable fiber.





ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.45:630*

И.Р. Шегельман, М.Н. Рудаков

Шегельман Илья Романович родился в 1944 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесного комплекса, проректор по инновационным технологиям, директор Карельского НИИ лесопромышленного комплекса Петрозаводского государственного университета. Имеет более 480 печатных работ, авторских свидетельств и патентов в области организации, экономики и технологии лесопромышленного комплекса.



Рудаков Михаил Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1978 г. Военно-политическую академию (г. Москва), доктор экономических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесного комплекса, заведующий лабораторией экономики Карельского НИИ лесопромышленного комплекса Петрозаводского государственного университета. Имеет более 50 работ по вопросам экономики труда, экономики лесопромышленного комплекса.

**БЮДЖЕТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КАРЕЛИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Даны результаты анализа бюджетной эффективности ЛПК Карелии. Показано, что реализация курса на углубленную переработку древесины, расширяющееся взаимодействие лесозаготовителей с деревообработчиками и бумажниками, становление холдинговых вертикально интегрированных структур, сохраняющаяся экспортная ориентация предприятий ЛПК должны быть ориентированы на повышение не только объемов производства, но также их прибыльность и бюджетной эффективности.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, эффективность, бюджет.

Развитие региональной экономики, в первую очередь промышленности и лесопромышленного комплекса (ЛПК), предопределяет формирование бюджетов лесопромышленных субъектов РФ, создание новых производств, вовлечение в промышленную сферу и инфраструктуру кадров различного уровня, выход на зарубежный рынок и привлечение инвестиций в условиях предстоящего присоединения к ВТО.

Анализ и расчеты по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелии, материалам [1] и непредвзятый взгляд на развитие карельской экономики [2, 3] свидетельствуют, что начавшееся после финансового кризиса 1998 г. оживление экономики в целом и ее основного в республике звена – ЛПК продолжается (табл. 1).

В 2000–2002 гг. доля ЛПК в прибыли промышленности составляла 85,2 ... 87,8 %, чуть более 4 % добавляла электроэнергетика. В 2003 г. положение радикально изменилось: доля ЛПК упала до 24,8, электроэнергетики – возросла до 40,7 %, доля черной металлургии составила 13,3 %. В 2004 г. эти три отрасли формировали более 96 % промышленной прибыли, в том числе черная металлургия 48,50; электроэнергетика 29,96; ЛПК 17,70 %.

Таблица 1

**Индексы основных показателей экономического развития
Республики Карелии в 1999 – 2004 гг., % к предыдущему году**

Показатель	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Физический объем ВРП	110,9	108,3	102,8	107,5
Физический объем промышленного производства	121,6	107,3	100,4	103,4	100,6	109,3
Физический объем производства ЛПК	130,8	109,1	100,6	100,1	106,6	110,3
В том числе:						
лесозаготовки	124,1	97,5	103,1	95,4	104,6	110,8
деревообработка	150,7	134,7	95,5	110,8	108,7	106,0
ЦБП	131,7	110,8	100,5	100,7	107,3	111,9
Инвестиции в основной капитал	140,2	160,1	124,1	106,3	96,3	112,8
Вывозка леса	133,1	95,1	103,5	101,5	102,6	110,4
Деловая древесина	132,6	99,1	102,4	97,6	104,7	115,7
Пиломатериалы	152,1	125,2	86,4	89,8	102,5	102,5
Целлюлоза товарная	186,4	113,2	101,2	101,7	109,6	111,1
Бумага	127,0	110,0	96,6	101,6	106,7	113,6
Мешки бумажные	140,6	89,3	109,5	120,9	114,0	95,9

С одной стороны, данную тенденцию можно рассматривать как отражение диверсификации региональной экономики и расширение круга источников формирования бюджета, с другой – возникает вопрос об изменении приоритетов промышленного развития с финансовой точки зрения, долговременности и стабильности тенденций последних лет.

В то же время ЛПК сохраняет ведущее положение в промышленности республики. На его долю в 2003 г. приходилось 45,3 % всего объема промышленной продукции, более половины всех работающих в промышленности, 38 % среднегодовой стоимости основных фондов. Продукция ЛПК Карелии занимает значительное место и на российском рынке, на ее долю приходится 20,8 % выпускаемой бумаги, почти треть газетной бумаги. Рост производства важнейших видов продукции ЛПК в натуральном выражении за последние годы в 1,5–2,0 раза опережает аналогичные показатели в электроэнергетике и черной металлургии, исключение составляет только производство пиломатериалов.

Однако финансовые результаты ЛПК Карелии не соответствуют его месту в региональной экономике. Несмотря на рост объемов производства, сумма прибыли, достигавшая в 1999–2000 гг. 2,5 млрд р., в 2003 г. сократилась до 272,1 млн р. и лишь в 2004 г. наметился ее рост (593,9 млн р.). Результаты финансовой деятельности ЛПК по подотраслям представлены в табл. 2. Добавим к этому, что в ЛПК рентабельность реализованной продукции уменьшилась с 43,6 % в 1999 г. до 3,7 % в 2003 г., в том числе на лесозаготовках – с 42,3 до 5,7 %, в ЦБП – с 50,4 до 4,5 %, в деревообработке оставалась стабильно отрицательной. Предприятия ЛПК по-прежнему испытывают нехватку оборотных средств и сильно зависят от заемных источников. Кроме того, произошедшая в последние годы вынужденная диверсификация доходных видов деятельности предприятий существенно снизила в поступающих денежных доходах долю средств от реализации товаров, продукции и услуг. Понятно, что сложное финансовое положение предприятий в совокупности с распространенными «схемами оптимизации» налоговых платежей обусловило снижение бюджетных поступлений. Тем не менее, оно вполне регулируется региональной властью, но требует усиления складывающихся в настоящее время подходов.

Таблица 2

Финансовые результаты и индексы цен в ЛПК Республики Карелии

Показатель	1999	2000	2001	2002	2003
Сальдированный финансовый результат, млн р.:					
ЛПК в целом	2228,3	2231,7	2067,1	667,8	-143,2
В том числе:					
лесозаготовки	772,9	176,9	178,3	160,4	96,0
деревообработка	54,1	-166,2	-258,3	-177,4	-188,7
ЦБП	1401,3	2221,0	2147,1	684,8	-50,5
Сумма прибыли, млн р.:					
ЛПК в целом	2449,8	2591,3	2558,8	1178,5	272,1
В том числе:					
лесозаготовки	835,5	291,6	241,1	272,7	227,2
деревообработка	130,8	33,7	10,9	10,1	8,3
ЦБП	1483,5	2266,0	2306,8	895,7	36,6
Индексы цен производителей, % к предыдущему году:					
ЛПК в целом	–	121,2	101,3	100,7	111,9
В том числе:					
лесозаготовки	–	111,5	101,7	104,2	116,7
деревообработка	–	131,6	109,5	104,8	101,2
ЦБП	–	124,6	99,9	98,3	11,7

Прежде всего, необходимо отметить относительно устойчивое финансовое состояние лесозаготовителей: они не допускают убытков, цены повышают умеренно. С 2001 г. отмечается рост объемов вывозки древесины – основного вида промышленной продукции подотрасли. На долю крупных и средних предприятий приходится 90 % вывозки и лишь десятая часть – на малые предприятия и индивидуальных предпринимателей. К сожалению, тенденция сокращения сальдированного результата и прибыли в целом по подотрасли обусловили, по предварительным данным, общую убыточность лесозаготовок в 2004 г.

Целлюлозно-бумажная промышленность, оставаясь ведущей подотраслью ЛПК республики, дает более половины объема его продукции. Индексы объемов основных видов продукции (товарная целлюлоза, бумага, бумажные мешки и картон) колеблются в пределах 107 ... 110 % в год. Финансовое состояние ЦБП определяется результатами деятельности крупных предприятий, прежде всего ОАО «Кондопога», ОАО «Сегежский ЦБК» и ОАО «ЦЗ «Питкяранта». Убыточность ЦБП республики в 2003 г., во многом вызванная неудовлетворительной работой ОАО «Суоярвская картонтара» и Северолодожского бумажного комбината «Ляскеля», была преодолена в 2004 г., а реконструкция и освоение новых бумагоделательных мощностей ОАО «Кондопога», ОАО «Сегежский ЦБК» открывали неплохие перспективы роста объемов производства, укрепления финансового положения предприятий и роста налоговых платежей.

В последние годы в наиболее трудном положении находится деревообрабатывающая подотрасль ЛПК. Хронические убытки, сокращение прибыли, выраженное отставание динамики цен – ее видимые финансовые показатели. Наибольшее число предприятий (21 %) занимаются лесопилением, производство пиломатериалов растет последние два года, но пока еще не достигло уровня 2000 г. (931 тыс. м³). На крупных и средних предприятиях производится более 90 % пило-

материалов, 70 % из которых экспортные. Однако вследствие недоиспользования мощностей в 2003 г. недодано более 1 млн м³ пиломатериалов (среднегодовая мощность – 1848, произведено – 741 тыс. м³).

В деревообрабатывающей промышленности обострилась конкуренция в производстве дверных и особенно оконных блоков. В результате в 2003 г. доля оконных блоков составила 61,3 %, дверных – 86,9 % от уровня 2002 г. Положение усложняется тем, что 97 % дверных и оконных блоков изготавливают малые предприятия, не обладающие достаточными инвестиционными ресурсами для внедрения современных технологий.

Тем не менее, реализация правительством Республики Карелии курса на углубленную переработку древесины, расширяющееся взаимодействие лесозаготовителей с деревообработчиками и бумажниками, становление холдинговых вертикально интегрированных структур, сохраняющаяся экспортная ориентация предприятий лесопромышленного комплекса должны быть направлены на повышение не только объемов производства, но также их прибыльности и бюджетной эффективности. Именно поэтому рыночные структурные изменения доходной части бюджета Республики Карелии не должны «уводить в тень» проблемы эффективного функционирования предприятий, прежде всего ЛПК. Структура региональной экономики, приоритетное значение ЛПК сохраняют роль и значение его предприятий как источников доходов бюджета.

С учетом изложенного Петрозаводским государственным университетом предложен новый подход и разработана математическая модель для оценки эффективности сквозных процессов производства и потребления древесного сырья на уровне региона и интегрированных лесопромышленных структур холдингового типа. Разработана и отработывается методика оценки бюджетной эффективности сквозных технологических процессов на основе созданной модели и алгоритма для построения оптимального баланса производства и потребления древесного сырья [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катанандов, С.Л. О положении в республике, выполнении государственных программ, осуществлении внутренней политики и внешних связей Республики Карелия [Текст] / С.Л. Катанандов: докл. на заседании Законодательного Собрания Республики Карелия. – Петрозаводск, 2003. – 127 с.; 2004. – 143 с.; 2005. – 141 с.

2. Шегельман, И.Р. Региональная стратегия развития лесопромышленного комплекса [Текст] / И.Р. Шегельман, Ю.И. Пономарев. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2004. – 156 с.

3. Шегельман, И.Р. Формирование баланса производства и потребления древесного сырья в лесопромышленном регионе [Текст] / И.Р. Шегельман, Л.В. Щеголева, А.Ю. Пономарев // Темпы и пропорции социально-экономических процессов в регионах Севера: тез. докл. III междунар. науч.-практ. конф. Т. 1. – Апатиты: Кольский НЦ РАН, 2005. – С. 160.

Карельский НИИ ЛПК
Петрозаводского государственного университета

Поступила 02.06.05

I.R. Shegelman, M.N. Rudakov

Budget Efficiency of Forest-industrial Complex of Karelia: Problems and Prospects

Results of budget efficiency analysis of Karelia are provided. It is shown that realization of the course for value-added woodworking increasing the interaction of forest-harvesting with woodworking and paper industries, development of vertically integrated structures, preserved export orientation of companies of forest-industrial companies should be headed for increasing not only volumes of production but their profitability and budget efficiency.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 72

*Н.М. Петухова***АРХИТЕКТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ
ВОЛОГДА – АРХАНГЕЛЬСК**

Исследован процесс формирования архитектурного комплекса железной дороги Вологда–Архангельск как единого пространственного ансамбля, воплотившего передовые для своего времени социальные и архитектурные идеи.

Ключевые слова: железная дорога, здания и сооружения, организация работ, архитектурный комплекс.

Архитектурный комплекс железной дороги Вологда – Архангельск создавали одновременно с сооружением рельсового пути (1894–1898 гг.) и в первые годы его эксплуатации. Дорогу строили силами Общества Московско-Ярославско-Архангельской железной дороги во главе с известным промышленником и меценатом С.И. Мамонтовым. Это был грандиозный «идеальный проект». Железная дорога от Вологды до Архангельска являлась продолжением Московско-Ярославской железной дороги. Началом ее создания можно считать 1894 г. В целях уменьшения капиталовложений было решено строить узкоколейную железную дорогу (ширина колеи 0,5 сажен), перешивку ее на широкую колею провели в 1915 г. С 1 января 1907 г. железная дорога получила название Северной железной дороги, сохранившееся до настоящего времени.

Дорога длиной 595 верст была построена за 4,5 года (почти год ушел у строителей на устранение крупных недоделок) – поистине рекордный срок, если учесть тяжелейшие условия трассы: непроходимые болота, карстовые провалы, буреломы, полное бездорожье. Вся трасса будущей железной дороги была разбита на три участка, каждый примерно по 200 верст. Стройка велась одновременно с двух сторон: от Вологды и от Архангельска. Главный инженер строительства С. П. Чоколов и его команда – начальники участков, техники, десятники – являлись специалистами высокого класса: за их плечами была уже не одна сотня верст железнодорожных путей.

Проектирование зданий и «гражданских сооружений» комплекса было поручено ведущим московским архитекторам Л.Н. Кекушеву и Иванову-Шицу. Альбом проектов датирован 1895 г. Архитекторами были разработаны типовые проекты деревянных пассажирских зданий для станций 3–4 классов, жилые дома, необходимые службы, путевые постройки. Комплекс построек создавали в период поздней эклектики и зарождения нового стиля модерн, провозгласившего всеобщую эстети-

защиту жизненной среды. Главным пунктом творческих программ, противопоставленных эклектизму, стала целостность среды, что нашло свое отражение в комплексном подходе к застройке этой железной дороги.

При архитектурном оформлении железнодорожной линии Вологда – Архангельск, как наиболее подходящий с образной и ассоциативной точек зрения, был выбран так называемый *швейцарский стиль*. Это направление в деревянном зодчестве зародилось на Западе во второй половине XIX в. и очень быстро распространялось от Скандинавии до Северной Италии, от России до Калифорнии. Этому помогли книги и каталоги с проектами домов и примерами декоративной обработки архитектурных деталей. В его основе лежали элементы народного зодчества Швейцарии, архитектура крестьянских домов – шале.

Для швейцарского стиля характерны очень высокие крыши и своеобразный каркасный декор, открывающий полную свободу трактовки фасада. Он не отказывается от симметрии, а затевает игру симметрий и асимметрий. Стиль был как бы заранее адаптирован к богатым и интересным традициям местной деревянной архитектуры, и эти дома, напоминающие скорее Среднюю Европу, органично вписались в пейзаж Северной России.

В архитектуре производственных зданий железной дороги Вологда – Архангельск (водоёмные здания и локомотивные депо) нашел свое отражение популярный тогда в России так называемый *кирпичный стиль*. В некоторых водоёмных зданиях сочетались оба стиля – нижний ярус выполнен в кирпичном стиле, верхний деревянный ярус – в швейцарском. Символично, что оба стиля соединены в архитектуре пассажирского здания на конечной станции Исакогорка.

Особенность архитектурных комплексов железных дорог – большая протяженность, вследствие чего они не могут быть восприняты во всех своих составляющих одновременно и раскрываются лишь по мере движения наблюдателя в поезде (при этом сам поезд является своеобразной динамической составляющей ансамбля). Таким образом, в процесс восприятия ансамбля включается фактор времени. Структура железнодорожных комплексов раскрывает главные закономерности своего построения в определенных узлах кульминации – железнодорожных станциях. Благодаря этому характерные узлы пространственной среды комплекса (станции, путевые постройки и т. п.), находящиеся на значительном расстоянии друг от друга, воспринимаются как части единого целого, а структура железнодорожной линии диктует характер их художественного взаимодействия. Неотъемлемой составляющей ансамбля является также окружающий ландшафт.

В целом железнодорожная линия состоит из ряда локальных архитектурных ансамблей, ограниченных определенным пространством: станций и расположенных между ними путевых построек со службами. Таким образом, общая картина конструируется на основе частных впечатлений. Цельное представление рождается из отдельных видов подобно тому, как чередование статических кадров на киноленте рождает движущиеся образы.

Особенностью железнодорожной линии Вологда–Архангельск является ее однородность: на всем протяжении дороги отсутствуют доминирующие по своему значению станции, а четко выделены лишь начало и конец (Вологда и Исакогорка). Станция Исакогорка была практически конечной станцией вследствие отсутствия моста через Северную Двину, который был построен только в 1959 г. Станция Архангельск-пристань, находившаяся на затопляемом берегу реки, имела разборное

пассажи́рское здание из деревянных щитов, а все помещения для служащих были построены на Исакогорке.

Вдоль железнодорожной линии равномерно размещены 13 станций 4-го класса и 4 станции 3-го класса. Наибольшее расстояние между станциями 42,712 версты. Станции 3-го класса (Исакогорка, Няндомы, Емца и Вожега), на которых расположены паровозные депо и поворотные круги, делили железнодорожный путь на фактически равные отрезки.

Станция Няндомы отмечала середину пути между Вологдой и Архангельском. Там долгое время, вплоть до строительства железнодорожного моста через Северную Двину, находилось Управление отделением Северной железной дороги, которое затем было переведено в Архангельск. В рапорте инспектора по сооружению железной дороги от 19 июля 1895 г. обосновано устройство станций Няндомы и Исакогорки как станций 3-го класса.

На середине пути между станциями Исакогорка и Няндомы расположена станция Емца, а между Няндомой и Вологдой – Вожега. Застройка между этими станциями представляет собой единый, равноценный на всем протяжении и на каждом отдельном участке, комплекс. Подобная структура в сочетании с применением типовых проектов могла создать ощущение монотонности, однако этого не произошло благодаря продуманному ритмическому построению архитектурного комплекса и гибкому подходу к его использованию. Применение типовых проектов определяет единство архитектурного оформления дороги, составляет как бы его каркас, жесткую основу, внутри которой происходит пластическая игра объемов, симметрий и асимметрий, разбивающая монотонность жесткой схемы.

Для всех станций одного класса был разработан единый типовой генплан, предполагающий возможность корректировки при привязке к конкретной местности. Выделены сооружения, подлежащие обязательной постройке на всех станциях, необходимость остальных построек определяли конкретно для каждой станции. Станционные территории спланированы по принципу линейной композиции с фронтальным расположением зданий по отношению к железной дороге. При этом все здания комплекса располагались с одной стороны железнодорожного пути, что было обусловлено, по-видимому, не только композиционными задачами, но и объективными причинами, связанными со сложностью расчистки от леса участков для строительства. Станция имеет свой доминирующий композиционный и функциональный центр, которым является пассажирское здание с прилегающими к нему платформами. Через этот центр проходит ось, делящая территорию станции на две равные части. Расположение построек при этом основано на принципе равновесия масс, а не на жесткой симметрии.

Пассажи́рское здание входит как ведущая составная часть в комплекс, образуемый всеми постройками, расположенными на территории станции. В комплекс железной дороги входило 19 таких зданий: 2-го класса – одно каменное на станции Вологда, 3-го – одно деревянное со средней каменной частью на станции Исакогорка, 3- и 4-го классов на 9 станциях – двухэтажные деревянные здания на каменных фундаментах площадью 35,33 кв. саж., 4-го класса на 7 станциях – двухэтажные деревянные здания площадью 22,96 кв. саж., из них одно на каменном фундаменте, остальные на деревянных ступлях и сваях.

Благодаря гибкому архитектурному оформлению каждое здание и каждая станция, несмотря на применение типовых проектов, имеет свое лицо. Этому же способствует и большое количество типов жилых зданий. Характерно, что на станциях было предусмотрено строительство домов только для семейного заселения,

хотя при застройке рабочих поселков в то время было принято строить казармы для холостяков. Это способствовало закреплению рабочих на местах. Все дома проектировали для проживания двух и более семей с отдельными входами в каждую квартиру. Проектирование велось с четкой адресной направленностью, что давало возможность создания наиболее удобного и рационального объемно-планировочного решения в каждом конкретном случае. Уже на стадии проектирования для каждой станции определяли возведение тех или иных разработанных типов домов. Различные сочетания этих зданий позволили создать на каждой станции запоминающиеся архитектурные композиции.

Жилые дома с хозяйственными постройками сосредоточены вдоль улиц или, как их тогда называли, линий. Всего к 1902 г. на всех станциях железной дороги было построено 129 жилых деревянных домов, крытых большей частью дранью или толем. При каждом доме проектом предусмотрено устройство сарая с отделениями для каждой квартиры, помойной ямы, деревянного выгреба, а при домах, не имеющих для всех квартир внутренних отхожих мест, отдельно стоящие сооружения с деревянными выгребами. На некоторых станциях были устроены для постоя лошадей и экипажей дворы, огороженные деревянными заборами, ледники-погреба, а также бани площадью внутреннего помещения 18 кв. саж. на станциях Няндомы и Исакогорка, 6 кв. саж. – на остальных. Входы в квартиры жилых домов, как и в пассажирских зданиях, ориентированы вдоль железной дороги, в сторону других домов. Подобный прием подчеркивал связь зданий станции друг с другом, их «протяженность» вдоль линии железной дороги.

Архитектурный комплекс железной дороги включал в себя, помимо станций, и отдельно стоящие вдоль линии путевые постройки, которые как бы связывали станционные поселки между собой в единый ансамбль. По данным комиссии на 1898 г., все путевые постройки выполнены из хорошего леса надлежащих размеров. Распределение построек соответствует делению линии на дистанции, околотки и рабочие участки. Эти путевые постройки, как и станции, представляют собой развитую систему жилых и хозяйственных зданий с четко определенным центром – жилым или водоемным зданием.

Высотное сооружение – водоемное здание входит в состав практически всех комплексов станций. Водоснабжение было устроено на 17 станциях. Было разработано два типовых проекта водоемных зданий – четырех- и восьмигранное. Здания в основании кирпичные, за исключением станций Емца (из известкового камня) и Пундуга (из гранитного камня). Каменные водоемные здания органично вписаны в ансамбль из деревянных зданий. Единство стиля достигается за счет включения в объем каменных зданий деревянного второго яруса с применением одинаковых элементов декора, а более всего, за счет единого для всех зданий силуэта, определяющегося высокой полувальмовой крышей.

Небольшие локомотивные депо на 3 стойла, выполненные в кирпичном стиле, устроены на 4-х станциях по одному типовому проекту. Отличались они только материалом: в Исакогорке и Емце – камень, в Няндоме и Вожеге – кирпич.

При решении проблемы архитектурного единства железнодорожной линии был найден общий архитектурный стиль, который применялся в разнообразных как инженерных, так и гражданских сооружениях дороги и позволил объединить их в единое архитектурное целое. Одним из условий, позволивших достигнуть единства сооружений железнодорожной линии, являлась общность композиционных и стилевых приемов, используемых при проектировании всех элементов комплекса.

Объемное решение зданий было осуществлено за счет выявления внутренней структуры во внешнем облике – каждый крупный элемент плана выделен самостоятельным объемом со своей крышей. Живописность объемного построения подчеркнута сложностью силуэта. Для зданий характерны высокие крыши с полувальмовым завершением. Скомпонованные таким образом здания по-разному воспринимались в разных ракурсах и рассчитаны на круговое восприятие. Это создает дополнительное пластическое разнообразие архитектурного ансамбля железной дороги при движении как туда, так и обратно.

Объемно-планировочное решение всех зданий отличается удобством и рациональностью. Типовые пассажирские здания 3- и 4-го классов, расположенные вдоль линии железной дороги, имеют четкое функциональное зонирование, при котором каждая зона непосредственно связана с внешней средой. На первом этаже в них размещены общий пассажирский зал площадью 20 кв. саж., почта, контора начальника станции, буфет и помещение для сторожа. Пассажирский зал доминирует как по своему назначению, так и по размерам. Станционные здания по проекту должны были располагаться в ряд вдоль железнодорожных путей, поэтому вход в пассажирский зал находился не на главном фасаде, ориентированном на железнодорожную платформу, а на торцевом – в сторону предполагаемого ряда жилых домов. Непосредственно из зала можно попасть в кабинет начальника станции или в помещение почты, причем каждое из них имеет собственный выход наружу. На втором этаже располагалась квартира начальника станции из 4-х жилых комнат, скомпонованных вокруг холла, куда выходят двери трех жилых комнат и санитарного блока, включающего туалет и ванную комнату. В каждой комнате имелась печь.

Пассажирский дом (вокзал) на станции Исакогорка отличался от рядовых пассажирских зданий. Он представлял собой типичный «береговой» тип вокзала со сквозным вестибюлем и линейным размещением всех основных помещений. При его проектировании использовали тип пассажирских зданий, уже применяемый на предыдущих железнодорожных линиях этой дороги (г. Иваново–Вознесенск), с центральной каменной частью и деревянными боковыми крыльями. Центральная часть вокзала станции Исакогорка – каменная одноэтажная, боковые крылья – типовые деревянные жилые здания: слева – одноэтажное, справа – двухэтажное. На нижнем этаже можно было поместить более 300 человек (в 90-е годы XX в. здание сгорело).

Любопытны случаи адаптации современного для того периода проекта жилых домов к местным условиям путем включения его в традиционную для северного региона схему «двор–дом» в ее разновидности «дом брусом» за счет пристройки сзади него по одной оси крытого хозяйственного двора. Налицо удачное сочетание современного объемно-планировочного решения с местным традиционным опытом строительства.

При модернистской усложненности объемной структуры здания основой его является сруб – структура из горизонтально уложенных и соединенных в углах бревен диаметром 22 см. Углы стен обработаны «в обло», т. е. концы бревен выступают наружу на 18 ... 27 см. Каждая клеть (крупный объем, рубленный из бревен) перекрыта отдельной крышей, крытой гонтом или тесом. В настоящее время сохранившиеся здания перекрыты шифером.

Все постройки комплекса от пассажирского здания до самых незначительных хозяйственных сооружений обладают одинаковым набором декоративных элементов. В зданиях применен конструктивный декор, который создан сдержанной

обработкой основных конструктивных элементов. Динамичный контур крыши подчеркивается своеобразным фризом, представляющим собой полосу вертикальной обшивки. Этот фриз пластически обогащен резными кронштейнами, поддерживающими свесы кровли. Дополняют этот декор наличники простой формы с козырьками над ними. Рубленые стены декорированы под фахверковые, что подчеркивает их стилистическую направленность. Проектом предусматривалась полная обшивка стен только жилых и пассажирских зданий. Наружная тесовая обшивка на углах всех построек делалась пилястрами.

Декоративная обработка архитектурных деталей зданий отличается большим разнообразием. Разнообразны типы наличников, кронштейнов, фигурных обрамлений слуховых окон и завершений стропильных ног. Очень разнообразны по формам печные трубы – от простых беленых известью с элементарными металлическими зонтами до труб из красного кирпича, напоминающих готические домики с арочными проемами и двускатной крышей.

Проекты линейных построек, путевых казарм, двойных и одиночных будок предусматривали также нескольких типов, в зависимости от местных условий. В пояснительной записке к этим проектам предъявляются столь же высокие требования к их постройке, как и к постройке жилых и пассажирских зданий.

Территории станций тщательно благоустраивались: перед домами разбивали клумбы и высаживали деревья, перед пассажирскими зданиями устанавливали урны и осветительные фонари. К моменту сдачи дороги в эксплуатацию в 1898 г. были построены все основные служебные и жилые здания и необходимые пассажирские дома. Строительство деревянного храма на станции Исакогорка площадью 41 кв. саж. завершило формирование архитектурного комплекса железной дороги.

Вплоть до перешивки железной дороги на широкую колею (1524 мм) в 1915 г. комплекс построек оставался в пределах проектов Мамонтова. В дальнейшем строительство велось уже без учета единства архитектурного оформления.

Комплекс железнодорожной линии Вологда – Архангельск в том виде, в котором он был осуществлен в период сооружения дороги и в первые годы ее эксплуатации, представлял собой единый архитектурный ансамбль, имеющий несомненную историческую и архитектурную ценность. Правомочность этого утверждения подтверждается, прежде всего, тем, что строительство всего комплекса сооружений велось по единому архитектурному проекту. При таком «тотальном» проектировании каждое отдельное сооружение решалось как составная часть ансамбля, подчиненная его архитектурной композиции и образно-художественному единству.

Возможность создания столь цельного и регулярного архитектурного ансамбля была обусловлена тем, что железная дорога прокладывалась по ранее совершенно не обжитым местам. Это явилось объективной причиной формирования комплексов станций по типу факторий со всем необходимым набором зданий и сооружений. При этом появилась возможность комплексного подхода к их созданию, так как при проектировании архитекторам не приходилось брать в расчет уже имеющуюся застройку, которая могла внести свои коррективы и разбить единство ансамбля. Это был отличный полигон для опробования новейших архитектурных, художественных и социальных идей, чем и не преминул воспользоваться

С.И. Мамонтов. В архитектурном комплексе Северной железной дороги на практике были осуществлены передовые для своего времени социальные и архитектурные идеи.

С.-Петербургский государственный
академический институт живописи,
скульптуры и архитектуры им. И.Е. Репина
Российской Академии художеств

Поступила 11.11.06

N.M. Petukhova

Architectural Complex of Vologda–Arkhangelsk Railroad

The formation process of architectural railroad complex Vologda-Arkhangelsk has been studied as the unified special ensemble having embodied social and architectural ideas advanced for its time.



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

СВЕДЕНИЯ О ЛЕСАХ РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ

К началу XX в. лесное ведомство России не смогло составить достаточно точные статистические данные о русских лесах, и во многих источниках и исследованиях приведены противоречивые сведения о лесных пространствах. Это побудило автора опубликовать некоторые материалы, чтобы читатель мог представить общую картину площади лесов Российской империи и их принадлежности.

По данным «Энциклопедии русского лесного хозяйства», изданной в 1903 г., «общая площадь лесов, состоящих в ведении казенного лесного управления, с некоторой более или менее достаточной точностью, определена только для Европейской России. Что же касается Кавказа и в особенности Сибири, то там площадь лесов, можно сказать, неизвестна и принимается по чрезвычайно приблизительным данным, так как, например, в Сибири и в Азиатских владениях России многие лесные пространства не только не обмерены, но даже рекогносцированно не обследованы.

По отчету лесного управления МЗиГИ к 1 января 1899 г. числилось лесов, состоящих в ведении казенного лесного управления:

	Единственного владения	Из которых предстоит сде- лать на- дел бывшим государственным крестьянам	Общих, въезжих и спорных	Находящихся в пользовании частных лиц и других ве- домств
В Европей- ской России	63 039 721	44 093 003	750 550	86 541
На Кавказе	3 114 063	1 618 623	207 391	12 810
В Азиатской России	23 917 910	22 051 714	77 890 514	6 882
Итого	90 071 694	67 763 340	78 848 455	106 233

Общая площадь лесов, состоящих в ведении казенного лесного управления, составляет 236 789 722 десятины. Из этого числа собственно удобной лесной

площади 125 521 920 десятин, из которых 15 516 647 десятин считаются устроенными по правилам лесного хозяйства» [7].

В 1957 г. вышла в свет монография М.А. Цветкова «Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 г.», в которой автор на основе многочисленных источников попытался исследовать динамику лесистости страны. Однако в этой книге приведены несколько иные сведения о площади лесов и их принадлежности на конец XIX в. Сказано, что «по данным 1896 г., в 50 губерниях Европейской России, без Польши и Финляндии, казенных лесов было 116 519 тыс. десятин, частновладельческих – 38 909 тыс. десятин» [6]. Следовательно, Лесной департамент в своих отчетах представлял достаточно часто противоречивые сведения о лесных пространствах. Тем не менее книга М.А. Цветкова, на наш взгляд, до настоящего времени является одним из фундаментальных исследований, где представлены материалы о процессе описания и учета лесов, а также статистические сведения по отдельным губерниям и регионам.

В 1900 г. Лесной департамент выпустил в свет книгу «О лесах России», приуроченную к Всемирной Парижской выставке. Авторы издания отмечали, что «в настоящее время приблизительно верно может быть определена только площадь лесов Европейской России и Кавказа; лесная площадь Азиатской России только что стала приводиться в известность, и даже в самых общих цифрах ее трудно определить» [3].

В книге представлены разнообразные сведения о лесах. В Западной и отчасти Восточной Сибири казенным лесным управлением обследована площадь 124 млн десятин, из которых за исключением неудобных земель, главным образом болот, насчитывается только 35 млн десятин лесов, или 28 % от общей площади.

На Кавказе леса занимали 7 168 118 десятин, или 16 % общей площади. На одного жителя этого района приходилось 0,8 десятины леса, а распределялись они неравномерно. Большая их часть находилась на побережье Черного моря, в Черноморской и Кутаисской губерниях, где лесистость превышала 50 % и на одного жителя приходилось 12 десятин. Ереванская губерния была малолесной, лесистость составляла 6 %, на одного жителя – 0,12 десятины леса. На Северном Кавказе лесистость Ставропольской губернии не превышала 1 %.

В Европейской России лесами была занята площадь 189 млн десятин, средняя лесистость 39 %, на одного жителя приходилось 1,8 десятины леса. Особо выделялась Финляндия, где имелось 18,7 млн десятин, или 63 % лесистости и 7 десятин на одного жителя. Отсюда на долю Европейской России без Финляндии приходилось 171 млн десятин, что соответствовало 37 % лесистости и 1,7 десятины на одного человека. Без озер, больших болот и пр. лесов насчитывалось 151 млн десятин, т. е. лесистость 33 % и 1,5 десятины леса на одного жителя.

По территории Европейской России леса распределялись неравномерно. Две трети их находились в наиболее лесистых северных губерниях: Архангельской, Вологодской, Олонецкой, Новгородской, Костромской, Вятской и Пермской. Общая площадь лесов в них равнялась 105 млн десятин, лесистость колебалась от 89 % в Вологодской до 45 % в Вятской губернии. В соответствии с заселенностью территории на одного жителя в Архангельской губернии приходилось 94, в Вологодской – 21, в Пермской – 7,1, в Вятской и Костромской – 1,2 ... 1,3 десятины леса.

К югу плотность населения возрастала, лесистость уменьшалась, в С.-Петербургской, Псковской, Эстляндской, Лифляндской, Курляндской, Виленской, Ковенской, Гродненской, Витебской, Смоленской, Могилевской, Минской, Тверской, Владимирской, Ярославской, Московской, Калужской, Нижегородской, Ка-

занской, Уфимской и Симбирской губерниях она колебалась от 20 до 40 %, с расчетом на одного жителя около 1 десятины леса.

В десяти губерниях Привислянья, Волынской, Киевской, Черниговской, Орловской, Рязанской, Тамбовской, Пензенской и Оренбургской лесистость равнялась 20 %, на одного жителя приходилось от 0,3 до 1,6 (в среднем 0,5) десятины.

К малолесным относились Подольская, Харьковская, Воронежская, Курская, Тульская, Самарская и Саратовская губернии, где лесистость составляла около 10 %, с расчетом на одного жителя от 0,2 до 0,4 десятины леса.

И, наконец, к степным безлесным губерниям с лесистостью от 1 до 6 %, где на одного жителя приходилось от 0,01 до 0,1 десятины леса, относились Бессарабская, Херсонская, Полтавская, Екатеринбургская, Таврическая, Астраханская, Ставропольская и Область Войска Донского.

Самым крупным лесовладельцем, по данным этого издания, являлось государство, которому в Европейской России принадлежало 108 млн десятин лесов, в том числе 87 млн десятин удобной лесной площади. В частном владении находилось 40, крестьянам принадлежало около 16, на учете удельного ведомства находилось 5, различным общественным учреждениям принадлежало 2 млн десятин леса.

В Российском государственном историческом архиве, в фонде Лесного департамента, хранится информация статистического отдела, в котором находятся диаграммы и таблицы, представляющие сведения о лесах на 1 января 1913 г. По данным Лесного департамента [5]:

в Азиатской России всего лесов – 238 696 591 десятин, из них устроено 3 566 397, или 1,5 %, исследовано 31 131 566, или 13 %;

в Европейской России – 106 407 315 десятин, из них устроено 21 525 270, или 20 %, исследовано 52 487 953, или 49,3 %;

на Кавказе – 4 900 695 десятин, из них устроено 568 405, или 11,2 %, исследовано 12 432, или 0,3 %.

Для характеристики пространства лесов России и сопоставления его с другими странами приведены следующие данные о площади лесов в десятинах [5]:

Российская Империя	– 513 000 000
Канада	– 296 460 000
США	– 224 500 000
Швеция и Норвегия	– 24 174 000
Австрия и Венгрия	– 19 581 000
Германия	– 12 810 000
Балканские государства	– 9 460 000
Франция	– 9 047 000
Испания	– 5 948 000
Италия	– 3 752 000
Великобритания	– 1 125 000

Эти показатели были представлены и в докладе А.Ф. Налетова на Всероссийском съезде по школьному лесному образованию, состоявшемся в Петрограде 10–15 июля 1917 г. Характеризуя распределение лесов по роду владений, он приводит следующие данные для Европейской России [2]: принадлежит государству 108,7 млн десятин, или 83,3 %, частным владениям 13,1, или 10,0 %, уделам 6,1, или 4,7 %, прочим владениям 2,5, или 2,0 %.

В своем знаменитом труде «Об основах русского государственного лесного хозяйства», опубликованном в 1918 г., проф. М.М. Орлов, опираясь на дан-

ные «Статистического ежегодника за 1915 г.», «Сборника статистических сведений по сельскому хозяйству России. Год 8-й. 1915 г.» и данные проф. Скворцова, отмечал: «Ограничиваясь ядром государства, или 50 губерниями Европейской России, без Финляндии, Польши, Кавказа и Азиатских владений, мы будем рассматривать пространство, равняющееся 441 миллиону десятин, на котором живет 131 миллион человек, в том числе 85 % сельского населения (111 миллионов); плотность населения определяется в 31 человек на квадратную версту, или на 104 десятины пространства, в том числе 26 человек сельского населения». А относительно площади лесов по этим 50 губерниям М.М. Орлов указывал: «Подсчет площади лесов по разнообразным и новейшим источникам определяет ее в 147 мил. десятин» [4].

И, наконец, в издании, посвященном 200-летию юбилею учреждения Лесного департамента, вышедшем в 1998 г., указано, что «накануне Первой мировой войны из общей площади лесного фонда – 1 236 млн га – на учете состояло 534,8 млн га, из которых было устроено 64 и обследовано 163 млн га. Площадь освоенных лесов в то время составляла примерно 100-120 млн га. Они находились, преимущественно, в центральных, западных, южных и приуральских районах европейской части России.

По видам собственности в 1913 г. леса разделялись на казенные – 47 %, удельные – 4, частновладельческие – 33, крестьянские – 10 и прочие – 6 %. В освоенных лесах преобладал частновладельческий вид собственности» [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двухсотлетие учреждения Лесного департамента 1798–1998. Т. 2 (1898–1998) [Текст]. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – С. 5.
2. Налетов, А.О. мобилизации и развитии лесного учебного дела [Текст] / А. Налетов // Лесн. журн. – 1918. – № 3–5. – С. 93–94.
3. О лесах России [Текст]. – СПб.: Экон. типолитография, 1900. – С. 21.
4. Орлов, М.М. Об основах русского государственного лесного хозяйства [Текст] / М.М. Орлов. – Петроград: Девятая гос. типография, 1918. – С. 4.
5. РГИА. Ф. 378. Оп. 28. Д. 1806. Л. 24.
6. Цветков, М.А. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год [Текст] / М.А. Цветков. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 58.
7. Энциклопедия русского лесного хозяйства. Свод лесохозяйственных знаний в алфавитном порядке: в 2-х т. Т. 1. – СПб.: Изд. А. Ф. Девриена, 1903. – С. 530–531.

А.И. Рыбалкин

Воронежский государственный
аграрный университет

A.I. Rybalkin

Report on Forests of Russian Empire

An attempt is done to present different standpoints on forest areas of pre-revolutionary Russia.
