

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.

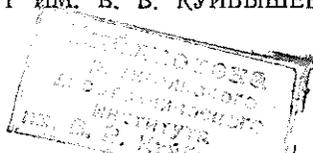
Выходит 6 раз в год

3

1990

АРХАНГЕЛЬСК

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), д-р хим. наук О. М. Соколов (зам. гл. редактора), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), канд. техн. наук Н. Г. Багаев, проф. И. М. Белая, проф. С. П. Бойков, проф. Ю. Г. Бугко, проф. А. В. Веретенников, доц. Е. Д. Гельфанд, проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитевский, проф. А. Н. Кириллов, проф. Н. П. Коваленко, проф. Э. Д. Левин, проф. Е. Г. Мозолева, доц. О. А. Неволин, проф. А. Н. Обливин, проф. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин, проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, канд. с.-х. наук С. Г. Сеницын, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, канд. с.-х. наук Г. А. Чибисов, проф. Г. М. Шутков, проф. В. В. Щелкунов, проф. А. А. Эльберт.

Ответственный секретарь 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. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор Л. С. Окулова. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 21.03.90. Подписан в печать 04.07.90. Сл. 01585.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1500 экз. Заказ 2798. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*54 : 630*385.1

**БОНИТИРОВАНИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
В ОСУШЕННЫХ СОСНЯКАХ**

А. П. СМЕРНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Известно, что одним из самых радикальных и экологически «чистых» средств повышения продуктивности древостоев является гидроресомелиорация. В гидроресомелиоративном фонде велика доля массивов верховых болот со сложной залежью торфа. Среди них немало весьма перспективных объектов для осушения с целью выращивания сосны. Важно выделить такие объекты, правильно спрогнозировать эффективность гидромелиорации. Это непростая задача, поскольку такой широко используемый показатель богатства торфяной почвы, как зольность корнеобитаемого горизонта, не всегда обладает исчерпывающей информацией при прогнозе эффекта осушения верховых торфяников [10]. Известны многочисленные примеры хорошего роста сосны на верховых болотах с малой зольностью верхних горизонтов торфа. Следовательно, нужны дальнейшие исследования, количественные показатели, характеризующие не только корнеобитаемый и подстилающий его горизонты, но, по-видимому, всю залежь торфа, вплоть до «придонного» слоя [2, 7].

В связи с этим важное значение приобретает объективная оценка результатов осушения, т. е. бонитирование новых условий местопроизрастания сосны, формирующихся в результате гидромелиорации. Известно, что класс бонитета условий местопроизрастания определяется производительностью древостоя и означает максимально возможную (потенциальную) урожайность данной породы в виде запаса древесины [3]. Однако издавна принято устанавливать бонитет по косвенному признаку, отражающему производительность древостоев по их средней высоте и возрасту. Очевидно, что данный показатель (класс бонитета древостоя) почти всегда характеризует фактическую, а не потенциальную урожайность насаждения. Следовательно, класс бонитета древостоя, как правило, отличается от класса бонитета лесорастительных условий (ЛРУ).

Известно несколько способов бонитирования осушенных древостоев. Все их достоинства и недостатки подробно рассмотрены С. Э. Вомперским [4]. По нашему мнению, наиболее обоснованным является метод, предложенный В. Г. Рубцовым и А. А. Книзе [8]. Он учитывает характер роста сосновых древостоев в первые десятилетия после гидромелиорации и основан на общепониманной шкале. С помощью специально разработанной таблицы, по 2-3 деревьям из средней ступени толщины и с учетом давности осушения определяют класс бонитета сосны за весь срок действия мелiorации.

Однако авторы метода считают, что он позволяет также переходить от бонитета древостоев к бонитету ЛРУ, созданных в результате осушения. Правомочность такого перехода они видят в факте выравнивания высот разных поколений сосны в одинаковых (близких) ЛРУ к сроку давности осушения 60 лет. При этом класс бонитета сосны, од-

ределенный по средней высоте древостоев, возникших после осушения или за 10...15 лет до него, близок или равен классу бонитета новых ЛРУ [8].

Однако, как уже отмечалось, класс бонитета сосны, осушенной в молодом возрасте, все-таки характеризует фактический рост древостоя, а не потенциальный, т. е. не оценивает объективно качества новых условий местопроизрастания. С другой стороны, не всегда осушенные сосновые молодняки лишь через 60 лет догоняют по высоте более старые древостои (в одинаковых ЛРУ). По нашим наблюдениям на опытных объектах кафедры почвоведения и гидромелиорации ЛТА (Тосненский и Малиновский стационары), молодое поколение сосны уже через 15...20 лет после осушения имеет на одних и тех же участках равную и даже большую высоту, чем деревья V—VI классов возраста. Следовательно, не всегда правомерно бонитет новых ЛРУ определять по высоте осушенных сосновых молодняков лишь через 60 лет после мелиорации. Кроме того, класс бонитета ЛРУ, устанавливаемый согласно методике ЛенНИИЛХ, по фактическому бонитету сосновых древостоев, весьма случайному и динамическому показателю, также значительно колеблется в разные периоды определения, что явно противоречит самой его природе. Как отмечают С. В. Зонн и Л. О. Карпачевский, варьирование бонитета древостоев в одних и тех же лесорастительных условиях не позволяет верно оценивать качество последних. Зависимость производительности леса от самых разных факторов, колеблющихся по годам, заставляет рассматривать ее (следовательно, и класс бонитета) как случайную функцию [5].

В последнее время все большее распространение в качестве наиболее объективного критерия потенциального плодородия местообитания получает верхняя высота ([9, 11] и др.). Этот таксационный признак меньше других зависит от густоты, полноты, состава древостоя, его разновозрастности и иных факторов, изменяющихся во времени (по годам). Поэтому предлагаем бонитет новых ЛРУ после осушения определять с помощью таблицы ЛенНИИЛХ, но по верхней высоте древостоя. В применении к разновозрастным древостоям сосны, доля которых весьма значительна среди осушенных объектов, следует говорить не о верхней высоте древостоя в строгом смысле этого понятия, а о максимальной энергии роста какой-либо одной возрастной группы. Обычно это самая молодая часть насаждения, не угнетенная верхним пологом. Класс бонитета ЛРУ находят по таблице ЛенНИИЛХ, если молодое поколение возникло до осушения, или по общепринятой шкале бонитетов, если молодняк сформировался после осушения. Основная цель — по определенному числу деревьев наиболее интенсивного роста установить наивысший класс бонитета.

Техника работы проста. Отбирают самые быстрорастущие в высоту деревья одного возраста из расчета 100 шт./га. Измеряют их фактическую высоту и высоту в момент осушения и по соответствующим средним значениям высот и давности осушения с помощью таблицы ЛенНИИЛХ сразу, без пролонгирования до 60-летнего срока действия мелиорации, определяют класс бонитета ЛРУ. По нашим данным, ошибка составляет в среднем $\pm 0,5$ класса, если измерить 4 дерева (на площади 0,04 га), и $\pm 0,25$ класса при измерении 10...15 деревьев (0,1...0,15 га).

Таблицу А. А. Книзе и В. Г. Рубцова при необходимости можно сделать с помощью графической интерполяции более детальной (т. е. высоты расположить через 0,1 м, бонитет — через 0,1 класса). В случае сомнения в энергии роста отдельных деревьев следует взять их несколько больше, чем требуется, а затем с помощью таблицы отобрать необходимое число стволов с наилучшим ростом.

Динамика показателей роста сосны и качества условий местопроизрастания на осушенном верховом торфянике

Номер пробной площади	Расстояние между каналами, м	Средний вегетационный уровень ур-вня ПГВ, см (1980—1987)	Общая густота древостоя, тыс. деревьев на 1 га	Класс бонитета древостоя и ЛРУ, определенный по средней высоте через <i>n</i> лет после осушения		Изменение класса бонитета за 5 лет	Класс бонитета ЛРУ после осушения, определенный по верхней высоте			Изменение класса бонитета за 10 лет
				<i>n</i> = 15 лет	<i>n</i> = 20 лет		<i>n</i> = 10 лет	<i>n</i> = 15 лет	<i>n</i> = 20 лет	
1	20	49,5	13,0	III,2	III,9	+0,7	I,7	I,5	I,6	-0,1
3	45	37,0	14,3	IV,2	IV,7	+0,5	II,9	III,0	II,9	0
6	65	34,5	5,0	III,9	III,5	-0,4	II,3	II,2	II,1	-0,2
10	130	24,5	5,4	V,0	IV,5	-0,5	III,6	III,6	III,5	-0,1
15	205	24,0	3,7	IV,6	V,0	+0,4	III,5	III,5	III,5	0
3А	45	37,5	1,6	II,0	II,3	+0,3	I,1	Ia,9	I,0	-0,1
6А	65	36,5	1,1	II,4	II,5	+0,1	Ia,9	Ia,8	Ia,9	0
10А	130	32,0	1,7	III,7	III,4	-0,3	II,3	II,0	I,7	-0,6
6Б	58	36,5	2,2	I,3	I,3	0	Ia,3	Ia,3	Ia,4	+0,1
10Б	130	31,5	1,8	II,5	I,7	-0,8	Ia,7	Ia,7	Ia,7	0

По деревьям верхней высоты более объективно оценивают и динамику класса бонитета ЛРУ за период после осушения, поскольку особи высших рангов роста стабильно сохраняют лидирующее положение в древостое [6]. Рассмотрим данные таблицы, в которой представлены показатели пробных площадей, расположенных в середине межканальных промежутков (Тосненский стационар). Древостой на объекте разновозрастный, до осушения его класс бонитета был V—Va [1]. Торфяная залежь — верховая, сложная. Слой сфагнового очеса подстилается сильноразложившимся верховым либо переходным торфом [10]. Показатели роста древостоев и качества ЛРУ после мелиорации определены по возрастному поколению, осушенному в I классе возраста (средняя высота в момент осушения 1...1,5 м). Следовательно, согласно методике ЛенНИИЛХ, класс бонитета ЛРУ и бонитет древостоев в данном случае будут совпадать.

На каждой пробной площади отбирали модельные (без рубки) деревья одной возрастной группы — как из средней ступени толщины, так и самые быстрорастущие. Ошибка определения бонитетов — в среднем $\pm 0,25$ класса. Следует отметить, что чем лучше рост, тем меньшее число деревьев требуется при одинаковой точности опыта. Средние модели для установления класса бонитета древостоя отбирали в два срока — спустя 15 и 20 лет после осушения (предварительно проводили перечеты по односантиметровым ступеням толщины). Деревья верхней высоты отбирали в один срок — через 20 лет после мелиорации. Однако у них, кроме фактической высоты и высоты в момент осушения, также определяли высоты (по мутовкам) спустя 10 и 15 лет после осушения. Таким образом, эти же деревья были отнесены к представителям верхней высоты и в прежние годы. По нашим наблюдениям и измерениям, в целом это совершенно справедливо и подтверждает приведенное выше положение Е. Л. Маслакова [6] и для осушенных древостоев.

Из таблицы следует, что даже в течение 5-летнего срока (15...20 лет после мелиорации) изменение бонитета древостоев на отдельных пробных площадях достигло $\pm 0,5$...0,8 класса. Определив по столь неустойчивому во времени показателю бонитет новых ЛРУ, мы в ряде случаев не гарантированы от больших ошибок. В особенности это относится к загущенным древостоям в первые десятилетия после осушения. Так, на пробных площадях 1 и 3 (см. таблицу) показатель

новых почвенно-гидрологических условий явно занижен вследствие избыточной густоты древостоя. В результате самоизреживания в дальнейшем таксационные параметры насаждения неизбежно придут в соответствие с качеством ЛРУ [6, 9]. Однако оценить это качество сейчас по росту деревьев средней ступени толщины невозможно. Кроме того, бонитет древостоя (следовательно, и бонитет ЛРУ) на пробных площадях 1 и 3 имеет явную тенденцию к ухудшению. Последнее трудно объяснить, учитывая высокую степень осушения и хорошую работу каналов.

Рассмотрим тот же показатель (бонитет ЛРУ), но определенный по верхней высоте. Из таблицы следует, что на пробных площадях 1 и 3 он в среднем почти на два класса выше, чем найденный по методу ЛенНИИЛХ, а его динамика свидетельствует о стабильности новых условий местообитания в течение как 5-, так и 10-летнего срока. Подобная устойчивость этого показателя характерна и для других участков (изменение бонитета ЛРУ не превышает в большинстве случаев 0,1 класса, т. е. находится в пределах точности исследований). Это также свидетельствует о преимуществах оценки новых условий местообитания сосны на осушенных объектах по верхней высоте древостоя.

Таким образом, класс бонитета древостоя после осушения — величина во многом случайная, зависящая от многих факторов, в том числе от исходного состояния насаждения, качества глазерной оценки его средней ступени толщины в момент таксации (последнее весьма затруднительно в условиях разновозрастных древостоев). При этом даже верно определенные средние деревья в момент таксации часто не были средними в момент осушения [4]. Следовательно, не всегда правомерно устанавливать по бонитету древостоев такой важный показатель, как бонитет лесорастительных условий после осушения. Предлагаемый метод бонитирования новых условий местопроизрастания осушенных сосняков по наиболее энергично растущим деревьям, по нашему мнению, позволит более объективно оценить качество этих условий. Следовательно, он даст возможность точнее прогнозировать эффективность гидролесомелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабилов Б. В. Сток и испарение с осушенных болот // Науч. тр. / ЛТА.— 1970.— № 142.— С. 28—39. [2]. Бахнов В. К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса.— Новосибирск: Наука, 1986.— 192 с. [3]. Вомперский С. Э. Биологические основы эффективности лесосушения.— М.: Наука, 1968.— 312 с. [4]. Вомперский С. Э., Сабо Е. Д., Формин А. С. Лесоосушительная мелiorация.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 293 с. [5]. Зонн С. В., Карпачевский Л. О. Проблемы лесного почвоведения и современные методы лесорастительной оценки почв // Почвоведение.— 1987.— № 9.— С. 6—15. [6]. Маслаков Е. Л. Формирование сосновых молодняков.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 165 с. [7]. Нестеренко И. М. Мелiorация земель Европейского Севера СССР.— Л.: Наука, 1979.— 360 с. [8]. Рубцов В. Г., Книзе А. А. Ведение хозяйства в осушенных лесах.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 118 с. [9]. Сеннов С. Н. Рубки ухода за лесом.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 160 с. [10]. Смирнов А. П. Причины различной эффективности гидромелиорации верховых болот // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 2.— С. 32—35. [11]. Филиппов Г. В., Рубцов В. Г., Чертов О. Г. Связь таксационных характеристик древостоев с условиями местопроизрастания // Лесоведение.— 1980.— № 1.— С. 27—33.

Поступила 9 октября 1989 г.

УДК 630*232 : 674.031.522.23

РОСТ КУЛЬТУР ТОПОЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

В. И. БИРЮКОВ

Брянский технологический институт

Сокращение сроков выращивания древесины и повышение продуктивности лесов — одна из важнейших проблем современного лесоводства. Большую роль в решении этой проблемы играет выращивание насаждений быстрорастущих древесных пород. К ним следует отнести различные виды тополей.

Так, некоторые особи сереющего и белого тополей достигали в высоту 50 м и в диаметре 4 м [3]. Тополя берменский и бальзамический в 30-летнем возрасте имели запас древесины 700...800 м³/га; за быстроту роста тополя называют эвкалиптами Севера [2]. Однако их относят к породам, хорошо растущим на средних по богатству почвах [1].

Мы обследовали культуры тополей в условиях лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС) на участках с различными экологическими условиями. Климат района расположения станции отличается континентальностью, сухостью, наличием весенних и осенних заморозков. Средняя годовая температура, по данным метеостанции (ЛОСС), 4,8 °С (от 3,2 до 6,3 °С), сумма осадков 512 мм (от 379 до 699 мм).

Дендрарий расположен в центральной части территории ЛОСС, на возвышенном плато, имеющем незначительный склон юго-юго-западной экспозиции в сторону р. Локотцы. Основные почвы дендрария — выщелоченные черноземы с разной мощностью гумусового горизонта от 40 до 75 см, подстилаемые карбонатными девонскими суглинками. Глубина вскипания 40...100 см. Уровень грунтовых вод около 40 м. Тип условий местопроизрастания — свежеватая дубрава (D₁₋₂).

Показатели роста различных видов тополей в дендрарии ЛОСС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид тополя	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний прирост	
				по высоте, м	по диаметру, см
Красносервный	7	2,6	2,5	0,37	0,36
Болле	13	7,2	6,2	0,55	0,48
Утолщенный	23	11,4	12,5	0,50	0,54
Редристый	23	11,6	13,2	0,50	0,57
Гибридный Альбенского	24	11,6	12,7	0,49	0,53
Фремонта	25	12,7	21,9	0,51	0,88
Лавролистный	38	6,6	8,9	0,17	0,23
Корейский	38	12,0	15,1	0,32	0,40
Узколистный	38	7,9	12,5	0,21	0,33
Снежнобелый	43	13,5	33,5	0,31	0,78
Пирамидальный	43	16,8	19,8	0,39	0,46
Вислилена	43	14,0	26,2	0,33	0,61
Волосистоплодный	43	11,9	15,8	0,26	0,37
Осина	43	16,6	21,7	0,39	0,50
Канадский	44	15,1	32,9	0,34	0,75
Китайский	44	19,5	39,8	0,44	0,90
Душистый	44	14,9	19,1	0,34	0,43
Бальзамический	44	13,5	33,5	0,31	0,76

Из данных табл. 1 видно, что малотребовательны к влагообеспеченности почвы, исключительно устойчивы против засух и суховеев, заморозков и низких температур зимой, не повреждаются энтомовредителями и фитозаболеваниями тополя китайский, Болле, утолщенный, ребристый, гибридный, Альбенского, Фремонта. Эти виды тополей пригодны для искусственного лесоразведения в Центральной лесостепи, хорошо растут в высоту и по диаметру в молодом возрасте.

Уверенный рост в высоту и по диаметру показали тополя пирамидальный, снежнобелый, Вислицена, канадский, бальзамический и осина. Однако в молодом возрасте они часто подвергались отрицательному воздействию заморозков и низких зимних температур. Верхушки молодых побегов часто обмерзали, что вело к снижению прироста в высоту и поражению деревьев сердцевинной гнилью. Кроме того, часто эти виды тополей подвергались нападению салатной тли.

Тополь душистый, умеренно растущий в высоту и по диаметру, оказался вполне морозостойким и засухоустойчивым. Кроме того, он обладает высокой декоративностью и фитонцидностью, что дает основание рекомендовать его для широкого внедрения в зеленое строительство.

К медленнорастущим следует отнести тополя лавролиственный, узколиственный, волосистоплодный, красонервный и корейский. У них в моло-

Таблица 2

Но- мер участ- ка	Высота, м (числитель) и диаметр, см (знаменатель) в возрасте, лет					
	5	10	15	20	25	30
Тополь берлинский						
1	$\frac{5,2}{3,9}$	$\frac{13,8}{14,9}$	$\frac{18,6}{21,7}$	$\frac{22,5}{28,7}$	$\frac{25,2}{35,7}$	$\frac{26,3}{42,8}$
	$\frac{3,1}{2,1}$	$\frac{10,4}{13,6}$	$\frac{16,5}{19,6}$	$\frac{20,5}{25,7}$	$\frac{23,2}{32,5}$	$\frac{24,6}{38,0}$
2	$\frac{15,7}{4,1}$	$\frac{13,4}{14,4}$	$\frac{18,4}{20,5}$	$\frac{21,8}{27,5}$	$\frac{24,3}{33,4}$	$\frac{25,9}{39,4}$
	$\frac{4,0}{2,8}$	$\frac{12,7}{13,6}$	$\frac{18,4}{18,6}$	$\frac{21,8}{24,2}$	$\frac{23,2}{29,2}$	$\frac{25,1}{35,4}$
Тополь бальзамический						
1	$\frac{5,2}{4,5}$	$\frac{12,8}{14,8}$	$\frac{18,0}{22,5}$	$\frac{21,5}{27,9}$	$\frac{23,4}{33,0}$	$\frac{24,7}{37,6}$
	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{11,5}{13,3}$	$\frac{16,0}{19,6}$	$\frac{18,3}{25,4}$	$\frac{20,0}{31,3}$	$\frac{20,9}{36,7}$
2	$\frac{6,3}{4,8}$	$\frac{13,2}{13,9}$	$\frac{16,8}{19,8}$	$\frac{19,4}{26,8}$	$\frac{21,1}{32,6}$	$\frac{24,6}{37,2}$
	$\frac{4,5}{3,2}$	$\frac{11,0}{11,9}$	$\frac{16,0}{17,0}$	$\frac{17,9}{22,2}$	$\frac{19,3}{26,8}$	$\frac{20,4}{31,8}$
Тополь китайский						
1	$\frac{4,8}{3,2}$	$\frac{12,0}{10,9}$	$\frac{14,5}{15,2}$	$\frac{16,6}{20,1}$	$\frac{19,0}{24,6}$	$\frac{21,8}{29,0}$
	$\frac{3,4}{2,3}$	$\frac{11,5}{9,8}$	$\frac{14,3}{12,9}$	Вырублен		
2						

дом возрасте наблюдалось сильное повреждение верхушечных побегов заморозками и зимними морозами. Кроме того, у тополей волосисто-плодного и корейского во время засух сильно обжигаются листья.

Участок 1 (табл. 2) расположен на острове р. Локотцы. Здесь культуры создавали весной посадкой 2-летних саженцев. Участок 2 расположен в пойме реки, где высаживали 4-летние саженцы весной. Посадку производили в ямки под лопату, без предварительной обработки почвы, с размещением $2,5 \times 1,0$ м. Почва на участках наносная иловатая, значительной мощности. Уровень грунтовых вод 1,0...1,5 м. Тип условий местопроизрастания D_3-4 .

К 5-летнему возрасту культуры тополей на обоих участках сомкнулись. В дальнейшем в них ежегодно проводили систематические изреживания, убирая поврежденные заморозками, морозами и отставшие в росте экземпляры.

Из данных табл. 2 видно, что на пойменных землях ЛОСС быстро растут в высоту и по диаметру тополя берлинский и бальзамический. В возрасте 30 лет они имеют таксационные показатели, каких сосна и ель высших классов бонитета достигают в 60...70 лет (высота) и в 70...110 лет (диаметр). Они дают большое количество древесной мас-

Таблица 3

Вид тополя	Высота, м (числитель) и диаметр, см (знаменатель) в возрасте, лет				
	5	10	15	20	25

Дно балки

Канадский	$\frac{2,5}{2,0}$	$\frac{3,8}{3,6}$	$\frac{5,5}{8,5}$	$\frac{7,1}{12,3}$	$\frac{8,8}{16,2}$
Китайский	$\frac{3,0}{2,1}$	$\frac{5,5}{4,5}$	$\frac{8,6}{9,2}$	$\frac{12,4}{14,6}$	$\frac{16,3}{20,2}$
Эвкалиптовый	$\frac{2,9}{1,1}$	$\frac{3,6}{2,3}$	$\frac{6,4}{8,1}$	$\frac{9,2}{11,6}$	$\frac{12,0}{12,4}$
Бальзамический	$\frac{2,8}{2,0}$	$\frac{3,4}{3,0}$	$\frac{7,1}{6,0}$	$\frac{9,4}{9,4}$	$\frac{12,2}{12,5}$
Каррье́ра	$\frac{2,2}{1,4}$	$\frac{5,0}{4,4}$	$\frac{7,5}{8,4}$	$\frac{11,3}{13,3}$	$\frac{14,8}{20,9}$
Вислицена	$\frac{1,8}{1,1}$	$\frac{3,3}{2,5}$	$\frac{6,4}{8,7}$	$\frac{8,9}{12,7}$	$\frac{10,5}{14,8}$
Душистый	$\frac{1,5}{0,2}$	$\frac{2,0}{1,0}$	$\frac{5,0}{4,8}$	$\frac{7,1}{7,5}$	$\frac{8,3}{8,4}$

Возвышенное суходольное плато

Канадский	$\frac{1,1}{—}$	$\frac{3,3}{3,5}$	$\frac{6,8}{8,2}$	$\frac{9,2}{10,9}$	$\frac{11,3}{12,5}$
Китайский	$\frac{1,4}{—}$	$\frac{4,0}{4,2}$	$\frac{9,3}{10,2}$	$\frac{12,5}{15,3}$	$\frac{14,6}{18,2}$
Эвкалиптовый	$\frac{1,4}{—}$	$\frac{4,7}{2,6}$	$\frac{8,3}{10,4}$	$\frac{12,3}{17,0}$	$\frac{14,6}{21,1}$
Бальзамический	$\frac{1,3}{—}$	$\frac{4,0}{2,9}$	$\frac{7,9}{6,8}$	$\frac{10,2}{10,0}$	$\frac{12,5}{12,9}$
Берлинский	$\frac{1,3}{—}$	$\frac{2,9}{3,1}$	$\frac{6,9}{5,7}$	$\frac{9,4}{8,3}$	$\frac{11,4}{11,1}$
Московский	$\frac{1,1}{—}$	$\frac{3,8}{2,8}$	$\frac{8,7}{8,3}$	$\frac{11,8}{12,0}$	$\frac{14,0}{14,4}$

сы. Внедрение тополей берлинского, бальзамического, канадского и китайского в искусственных пойменных насаждениях позволит решить проблему сокращения сроков выращивания крупномерной древесины в больших объемах.

Из табл. 2 видно, что все изученные виды тополей на влажных, хорошо аэрированных аллювиальных почвах обладают высокой продуктивностью в молодом возрасте.

Кроме того, мы изучали особенности роста различных видов тополей в ЛОСС в культурах на двух участках с различными экологическими условиями. Первый участок — дно балки, почва — темно-серая лесная, тип условий местопроизрастания — свежая дубрава (D_2). Второй участок — возвышенное суходольное плато, почва — сильно выщелоченный смытый чернозем мощностью 20...30 см, тип условий местопроизрастания — сухая дубрава лесостепи (D_1).

Данные табл. 3 показывают, что на свежих, но не очень богатых почвах по дну балки лучше растет в высоту тополь китайский. Хорошие показатели имеют тополя Каррьеера, эвкалиптовый и бальзамический. Тополя Вислицена, канадский и душистый растут слабо. Тополь канадский здесь подвергается отрицательному воздействию поздних весенних, ранних осенних заморозков и сильных морозов в зимнее время.

На выщелоченном смытом черноземе возвышенного суходольного плато тополя в первые 5 лет росли значительно хуже, чем по дну свежей балки. Здесь лучшие показатели имеют тополя китайский, эвкалиптовый и московский. Неплохо растет и тополь бальзамический на сухих почвах.

Древесина тополя легкая, мягкая, применяется в спичечном и бумажном производстве, идет на изготовление фанеры, тары, в строительстве. Это еще раз подтверждает необходимость внедрения быстрорастущих видов тополей при создании защитных и массивных насаждений в засушливых условиях лесостепи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богданов П. Л. Тополя и их культуры.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— 103 с. [2]. Вехов Н. К. Эвкалипты Севера (тополи) // На лесокультурном фронте.— 1932.— № 2.— С. 14. [3]. Редько Г. И. Биология и культуры тополей.— Л.: ЛГУ, 1975.— 175 с.

Поступила 22 ноября 1988 г.

УДК 630*228 : 630*5

СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ СОСНЯКОВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ БОРОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА

Н. А. БАБИЧ, Г. И. ТРАВНИКОВА

Архангельский лесотехнический институт

По данным ЮНЕСКО, человечеству не хватает до 50 % белковой пищи. Именно эта проблема явилась причиной появления международной биологической программы, цель которой — выяснить биологическую продуктивность земного шара и разработать пути ее повышения [12]. Вот почему в последнее время такое пристальное внимание уделяется изучению биологической продуктивности лесных сообществ.

Исследованию запасов фитомассы формаций сосны, ели и других пород ([1, 3, 5, 6, 15, 16, 18, 22] и др.) и ее структуры ([17, 21] и др.), использованию в народном хозяйстве ([4, 9, 10, 19, 23] и др.) посвящены обстоятельные работы.

Изучение фитомассы в ресурсоведческом плане предопределило зарождение и формирование биологического метода исследования лесных фитоценозов, при котором динамика морфологической структуры насаждений рассматривается через накопление фитомассы.

По сравнению с другими регионами страны биологическая продуктивность формаций сосны и в частности культурфитоценозов Архангельской области изучена недостаточно [13, 14].

Наши исследования проведены в 47-летних посевах сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) Емецкого лесхоза Архангельской области (северная подзона тайги). Культуры созданы на вырубке 1938—1939 гг., пройденной устойчивым пожаром. В первой половине июня 1941 г. в площадки размером $0,3 \times 0,5$ м произведен посев семян местного сбора. Агротехническое и лесоводственные уходы за посевами не проводили. Площадь культур — 58 га [11]. Направление рядов — строго Ю—С. В настоящее время культуры представляют собой высокополнотные насаждения с относительной полнотой от 1,07 до 1,32, не подвергающиеся антропогенным воздействиям. Рельеф участка культур резко выражен. Пробные площади заложены согласно требованиям ОСТ 56—60—83 по неполному профилю борového экологического ряда (табл. 1).

Таблица 1

Краткая лесоводственно-таксационная характеристика посевов сосны

Номер пробной площадки	Тип леса	Средние		Класс бонитета	Густота, шт./га	Полнота		Запас древесины, м ³ /га
		D, см	H, м			Q, м ² /га	P	
212	С. вересково-лишайниковый	3,5	5,3	V	14 440	18,80	1,15	64,6
214	» лишайниковый	3,6	5,4	V	13 040	18,60	1,13	65,0
213	» »	5,4	7,2	V	6 450	20,45	1,07	87,5
211	» брусничный	7,1	10,0	IV	7 075	30,00	1,28	161,3
215	» »	9,1	11,6	III	4 200	33,59	1,32	205,1
236	» черничный	<u>11,7</u>	<u>14,8</u>	II	<u>2 175</u>	<u>26,87</u>	<u>0,90</u>	<u>199,4</u>
		13,1	15,0		381	5,68	0,27	40,0

Примечание. Для сосняка черничного в числителе приведены данные по основному элементу леса; в знаменателе — по березе естественного происхождения.

Сосняк вересково-лишайниковый (*Pinetum calluna-cladinosum*) приурочен к верхней части северного склона. Наиболее повышенные элементы рельефа на сухих глубоких песчаных почвах занимает сосняк лишайниковый (*Pinetum cladinosum*). Для южных склонов холмов характерен сосняк брусничный (*Pinetum vaccinioides*). В пониженных элементах рельефа распространен сосняк черничный (*Pinetum myrtillosum*).

При изучении запасов надземной фитомассы применен комплексный метод [2]. На каждой пробной площадке взято 15 учетных деревьев сосны из разных ступеней толщины, пять из них средние в целом для древостоя. Остальные 10 деревьев взяты пропорционально представленности ступеней толщины.

Для определения фитомассы с разделением на фракции достаточно использовать 6...13 модельных деревьев [1].

Всего изучено 90 моделей сосны и 3 — березы (пробная площадь 236). По каждой модели с точностью ± 25 г. взвешивали фракции сухих сучьев, веток, древесной зелени, коры и древесины ствола. Под древесной зеленью понимаются охвоенные побеги с диаметром у основания 0,8 см. Массу отдельных фракций фитомассы на 1 га определяли умножением средних для ступени значений, полученных по уравнениям регрессии, имеющим наименьшие ошибки (рис. 1, 2, табл. 2), на число деревьев каждой ступени. При этом по каждой фракции анализировали 8 моделей регрессии: линейное, гиперболическое, степенное, показательное, два вида логарифмических, параболическое квадратное и кубическое. В целом экспертная оценка выполнена по 240 конкретным уравнениям регрессии. В ряде случаев самые низкие ступени выравнивали графически. На необходимость такого выравнивания в насаждениях естественного происхождения указывали Р. А. Зиганшин, М. Г. Семечкина [8], А. С. Аткин [1].

Установлено, что запасы надземной фитомассы древостоя сосняка черничного в 2,5; 2,2; 1,1 раза больше, а густота соответственно в 5,6; 3,8; 2,5 раза меньше по сравнению с сосняком вересково-лишайниковым,

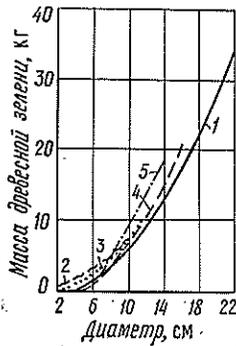


Рис. 1. Зависимость массы древесной зелени от диаметра на высоте груди: 1 — проба 215, $y = 1,498 - 0,696x + 0,106x^2$; 2 — проба 212, $y = 1,795 - 1,723x + 0,499x^2 - 0,027x^3$; 3 — проба 214, $y = 0,130 - 0,108x + 0,083x^2$; 4 — проба 211, $y = 0,019x^{2,544}$; 5 — проба 213, $y = 3,333 - 1,934x + 0,325x^2 - 0,008x^3$

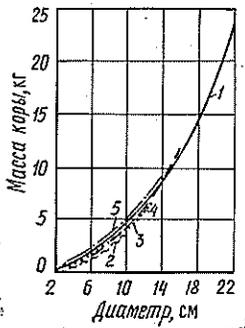


Рис. 2. Зависимость массы коры от диаметра на высоте груди: 1 — проба 215, $y = -0,262 + 0,107x + 0,044x^2$; 2 — проба 212, $y = 0,068x^{1,805}$; 3 — проба 214, $y = -0,041 + 0,066x + 0,042x^2$; 4 — проба 211, $y = 0,058x^{1,931}$; 5 — проба 213, $y = 0,722 - 0,452x + 0,134x^2 - 0,004x^3$

Таблица 2

Оптимальные уравнения для расчета фитомассы
среднего дерева ступени толщины

Номер пробной площади	Уравнения регрессии	Основная ошибка
Сухие сучья		
212	$y = 0,121 - 0,054x + 0,028x^2 - 0,001x^3$	0,053
214	$y = -0,155 + 0,259x - 0,056x^2 + 0,004x^3$	0,100
213	$y = 0,089 + 0,068x + 0,020x^2$	0,260
211	$y = -0,449 + 0,154x$	0,228
215	$y = 0,004x^{2,357}$	1,015
236	$y = 1,323 - 0,325x + 0,028x^2$	0,599
Сырые ветки		
214	$y = 3,127 - 1,241x + 0,122x^2$	0,220
213	$y = 29,806 - 10,935x + 1,221x^2 - 0,039x^3$	0,518
211	$y = 1,090 - 0,513x + 0,059x^2$	0,841
215	$y = 2,360 - 0,893x + 0,086x^2$	1,109
236	$y = -25,468 + 7,532x - 0,681x^2 + 0,020x^3$	0,892
Древесина		
212	$y = -3,135 + 2,711x - 0,497x^2 + 0,06x^3$	1,010
214	$y = 3,050 - 2,848x + 0,841x^2 - 0,027x^3$	1,380
213	$y = 1,616 - 1,241x + 0,435x^2$	1,426
211	$y = -11,082 + 1,934x + 0,328x^2$	5,863
215	$y = -2,074 - 0,578x + 0,499x^2$	7,208
236	$y = 7,269 - 2,596x + 0,644x^2$	5,166

Примечание. Исходные данные массы сырых веток по пробной площади 212 выравнены графически.

лишайниковым и брусничным. Фитомасса и густота для лишайникового и брусничного типов леса приведены в среднем по двум пробным площадям. В сосняке черничном 84,5 % фитомассы приходится на сосну и только 15,5 % на березу. В остальных типах леса структуру фитомассы формирует сосна, являющаяся доминантным видом.

С помощью дисперсионного анализа [7, 20] рассчитан однофакторный равномерный комплекс влияния типа леса на массу (кг) древесной зелени сухих сучьев, коры среднего дерева древостоя. В качестве варианта фактора взяты: сосняки черничный, брусничный (проба 211) и лишайниковый (проба 214) — табл. 3.

Таблица 3

Схема однофакторного равномерного комплекса				
Тип леса	Повторности по результативному признаку			
	1	2	3	4
Древесная зелень				
С. черничный	6,57	7,90	6,77	8,05
» брусничный	3,87	3,80	2,10	2,45
» лишайниковый	0,62	0,97	0,77	1,12
Сухие сучья				
» черничный	1,00	1,20	1,47	2,40
» брусничный	0,55	0,50	0,55	0,50
» лишайниковый	0,10	0,22	0,30	0,40
Кора				
» черничный	6,70	8,07	7,30	7,00
» брусничный	1,80	2,10	2,80	2,90
» лишайниковый	0,65	0,70	0,92	0,90

Установлено, что влияние типа леса на массу древесной зелени среднего дерева древостоя достоверно на всех уровнях значимости и составляет 90,5...99,7 % от общего влияния всей суммы факторов:

$$\eta_y^2 = \begin{cases} r_y^2 + \Delta_{0,5} = 0,951 + 0,046 = 0,997 \\ r_y^2 - \Delta_{0,5} = 0,951 - 0,046 = 0,905, \end{cases}$$

где η_y^2 — показатель силы влияния фактора.

Получен также высокий показатель силы влияния фактора на массу коры

$$\eta_y^2 = \begin{cases} r_y^2 + \Delta_{0,5} = 0,978 + 0,020 = 0,998 \\ r_y^2 - \Delta_{0,5} = 0,978 - 0,020 = 0,958. \end{cases}$$

Влияние типа леса на массу сухих сучьев выражено слабее и составляет не менее 46,4 %. Во всех типах леса основная часть фитомассы падает на стволовую древесину (60,6...79,8 %). По мере улучшения условий местопроизрастания увеличивается процент массы, приходящейся на древесину (табл. 4).

В рассматриваемых типах леса древесная зелень по массе занимает второе место в фитоценозе (8,9...20,4 %). С улучшением условий роста культивируемых растений доля этой фракции уменьшается (рис. 3). Анализ фракционного состава древесной зелени свидетельствует о том, что на хвою приходится от $58,0 \pm 1,6$ % (пробная площадь 236) до $61,3 \pm 4,1$ % (пробная площадь 215). Эти различия по типам леса не выходят за пределы точности, принятой в лесоводственных исследованиях.

Таблица 4

Запасы фитомассы культур сосны в свежесрубленном состоянии

Тип леса	Фракции фитомассы					Всего
	Сухие сучья	Ветки	Древесная зелень	Кора ствола	Древесина	
С. вересково-лишайниковый	4 330	2 391	19 839	11 808	59 029	97 397
» лишайниковый:	4,4	2,5	20,4	12,1	60,6	100
пробная площадь 214	2 929	2 532	16 280	12 534	62 685	96 960
» » 213	3 383	6 174	18 228	14 361	80 311	122 457
» брусничный:	2,8	5,0	14,9	11,7	65,6	100
пробная площадь 211	4 249	5 709	23 980	19 128	147 341	200 407
» » 215	4 183	12 267	24 767	21 851	183 279	246 347
» » 215	1,6	5,0	10,1	8,9	74,4	100
» черничный:	4 306	29 330		16 549	198 577	248 762
» черничный:	1,7	11,8		6,7	79,8	100
сосна	3 963	5 450	18 661	12 592	169 712	210 378
» сосна	1,9	2,6	8,9	6,0	80,6	100
береза	343	5 219		3 957	28 865	38 384
» береза	0,9	13,6		10,3	75,2	100

Примечание. В числителе — кг/га; в знаменателе — %.

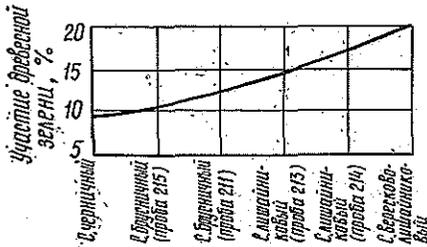


Рис. 3. Участие древесной зелени в общем запасе фитомассы разных типов леса

В накоплении запаса коры наблюдается такая же тенденция, как и для древесной зелени, т. е. общая масса увеличивается, а процентное участие в формировании фитоценоза уменьшается.

Масса сухих сучьев примерно одинакова в сосняке вересково-лишайниковом, в брусничном и черничном типах леса. В то же время процент их от общей надземной массы культурфитоценоза в целом имеет тенденцию к уменьшению по мере увеличения трофности почвы.

В целях совершенствования методов учета фитомассы при таксации насаждений нами рассчитан выход отдельных фракций относи-

Таблица 5

Масса, кг, фракций фитомассы, приходящейся на 1 м³ древесины

Номер пробной площади	Тип леса	Фракции фитомассы				
		Сухие сучья	Ветки	Древесная зелень		Кора
				Побеги	Хвоя	
212	С. вересково-лишайниковый	67	37	126	181	182
214	» лишайниковый	45	39	103	147	193
213	» »	38	70	86	122	164
211	» брусничный	26	35	61	87	118
215	» »	20	60	47	73	106
236	» черничный	20	27	39	54	63

тельно запаса стволовой древесины (табл. 5). Приведенные материалы показывают, что с увеличением класса бонитета масса сухих сучьев, коры, древесной зелени и хвои, приходящаяся на 1 м³ древесины, уменьшается. Можно констатировать, что в богатых условиях местопрорастания для накопления 1 м³ древесины надо меньше хвои, т. е. она работает более продуктивно. Однако приведенные в табл. 5 данные о массе хвои следует рассматривать скорее с позиций ресурсоведения, чем биологии сосны, так как 2—4-летняя хвоя верхушечных побегов и частично веток не учтена.

Выводы

1. В культурфитоценозах сосны борového экологического ряда северной подзоны тайги, формирующихся на песчаных почвах гарей, основное участие в формировании структуры надземной фитомассы принимает культивируемая порода, а не естественно возобновившиеся особи лиственных и хвойных пород.

2. В изученных типах леса основная доля (60,6...79,8 %) надземной фитомассы культур сосны приходится на древесину ствола. С повышением трофности почвы процент древесины в общей фитомассе увеличивается.

3. На долю фракций сухих сучьев, веток, древесной зелени и коры, которые в настоящее время недостаточно полно используются в народном хозяйстве, в целом приходится от 20,2 до 39,4 % всей надземной фитомассы древостоя.

4. С улучшением почвенно-грунтовых условий уменьшается масса сухих сучьев, древесной зелени и коры в расчете на 1 м³ древесины.

5. Тип леса оказывает достоверное влияние на формирование массы древесной зелени и коры среднего для древостоя дерева.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аткин А. С. Фитомасса и обмен веществ в сосновых лесах.— Красноярск: Ин-т леса и древесины им. Сукачева, 1984.— 134 с. [2]. Бабич Н. А. О точности учета надземной фитомассы культур сосны // Лесн. журн.— 1989.— № 1.— С. 112—115.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Байзаков С. Б. Некоторые закономерности накопления древесной зелени в сосновых лесах Казахстана и перспективы ее промышленного использования: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Алма-Ата, 1969.— 26 с. [4]. Веретенник Д. Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 170 с. [5]. Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья.— Новосибирск, 1976.— 170 с. [6]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.— Л. ЛГУ, 1978.— 230 с. [7]. Гусев И. И. Дисперсионный анализ: Методические указания к выполнению практических работ по вариационной статистике.— Архангельск: АЛТИ, 1986.— 32 с. [8]. Зиганшин Р. А., Семечкина М. Г. Анализ пригодности некоторых корреляционных уравнений для выражения связи диаметра деревьев с показателями их фитомассы // Лесная таксация и лесоустройство.— Красноярск: СТИ, 1973.— С. 150—163. [9]. Крона дерева: промышленное и рекреационное использование / А. В. Грищенко, В. А. Кучерявый, Р. И. Томчук, В. В. Задорожный.— Львов: Выща шк., 1985.— 167 с. [10]. Лес — сельскому хозяйству / А. Я. Калинин, А. Р. Вальдман, П. П. Адерсон и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 190 с. [11]. Львов П. Н., Суржко М. Г. Рост сосны при посеве в площадки на Севере // Лесн. хоз-во.— 1959.— № 6.— С. 26—29. [12]. Ляпунов А. А. О рассмотрении биологии с позиции изучения живой природы как большой системы // Проблемы методологии системного исследования.— М.: Колос, 1970.— С. 184—226. [13]. Минин Н. С. К биологической продуктивности культур сосны в связи с рубками ухода // Рациональное использование и восстановление природных ресурсов на Европейском Севере: Тез. докл. к науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов.— Архангельск, 1980.— С. 29. [14]. Минин Н. С. К вопросу о биологической продуктивности сосновых культур, пройденных рубками ухода // Роль науки в создании лесов будущего: Всесоюз. конф. молодых ученых, посвященная XXVI съезду КПСС.— Л., 1981.— С. 32—33. [15]. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон.— М.: Наука, 1971.— 275 с. [16]. Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии.— Красноярск, 1969.— 156 с. [17]. Семеч-

кина М. Г. Структура фитомассы сосняков.—Новосибирск: Наука, 1978.—160 с. [18]. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР.—М.: Наука, 1971.—362 с. [19]. Томчук Р. И., Томчук Г. Н. Древесная зелень и ее использование в народном хозяйстве.—М.: Лесн. пром-сть, 1973.—360 с. [20]. Третьяков А. М., Бахтин А. А., Минин Н. С. Дисперсионный анализ.—Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1988.—40 с. [21]. Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев.—Новосибирск: Наука, 1988.—252 с. [22]. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов // Лесоведение и лесоводство.—1975.—Т. 1.—С. 9—189. [23]. Эрнст Л. К., Науменко З. М., Ладинская С. И. Кормовые продукты из отходов леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1982.—167 с.

Поступила 12 мая 1989 г.

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТНЫХ ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ САЖЕНЦЕВ ЕЛИ И СОСНЫ

Л. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, М. В. КУЗЬМИНА,
А. П. ЕВДОКИМОВ, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Лабораторные и полевые испытания биологической активности отработанных сульфатных щелоков и выделенных из них органических

Таблица 1

Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Приживаемость			
		Ель		Сосна	
		Первая вегетация	Вторая вегетация	Первая вегетация	Вторая вегетация
ЧЩ лиственный	10 ⁻³	$\frac{96}{117}$	$\frac{62}{113}$	$\frac{67}{82}$	$\frac{43}{75}$
	10 ⁻⁴	$\frac{92}{112}$	$\frac{78}{142}$	$\frac{86}{105}$	$\frac{42}{74}$
» хвойный	10 ⁻³	$\frac{93}{113}$	$\frac{68}{124}$	$\frac{93}{113}$	$\frac{60}{105}$
	10 ⁻⁴	$\frac{93}{113}$	$\frac{69}{125}$	$\frac{98}{119}$	$\frac{71}{125}$
ФЧЩ лиственный	10 ⁻³	$\frac{98}{120}$	$\frac{67}{122}$	$\frac{85}{104}$	$\frac{61}{107}$
	10 ⁻⁴	$\frac{95}{116}$	$\frac{54}{98}$	$\frac{91}{111}$	$\frac{70}{123}$
» хвойный	10 ⁻³	$\frac{87}{106}$	$\frac{57}{104}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{62}{109}$
	10 ⁻⁴	$\frac{90}{110}$	$\frac{52}{94}$	$\frac{90}{112}$	$\frac{52}{91}$
Вода: контроль 1	—	$\frac{82}{100}$	$\frac{55}{100}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{57}{—}$
» 2	—	$\frac{82}{100}$	$\frac{56}{102}$	—	—

Примечание. ЧЩ — черный щелок; ФЧЩ — фильтрат черного щелока; в числителе — приживаемость, %; в знаменателе — % к контролю.

соединений показали, что указанные продукты стимулируют рост основных органов, в том числе корневой системы, сеянцев ели и сосны [2, 3, 6].

Применение ростовых веществ, активизирующих процесс корнеобразования, способствует повышению приживаемости древесных растений в питомниках и на лесокультурной площади [5], что позволяет снизить потери посадочного материала.

Для изучения возможности использования препаратов на основе черных сульфатных щелоков в 1986 г. поставлены опыты в школьном отделении лесопитомника Охтинского учебно-опытного лесхоза ЛТА. В качестве стимуляторов испытаны отобранные на Котласском ЦБК полупаренные черные щелока сульфатных варок древесины лиственных и хвойных пород и выделенные из них фракции водорастворимых веществ («фильтраты»), содержащие в основном оксикислоты, их лактоны и минеральные вещества. Среднюю пробу щелоков отбирали небольшими порциями (по 1 л) ежедневно в течение недели. После тщательного перемешивания получали образец для испытаний. Лиственный щелок содержал 27 % сухого остатка, в том числе 14 % органических веществ, 13 % минеральных; хвойный щелок — 35, 20 и 15 % соответственно; фильтраты щелоков — 15, 6, 9 и 22, 12, 10 %. Данные химического анализа щелоков, отбираемых ежегодно на Котласском ЦБК с 1981 г. по 1989 г., свидетельствуют о достаточно высокой стабильности их состава. В лиственном щелоке содержание органических веществ колеблется в пределах 14...19 %, минеральных — 11...17 %, в хвойном щелоке — 17...20 и 11...15 % соответственно. Исследование рострегулирующей активности щелоков показало, что изменение их состава в указанных пределах практически не влияет на стимулирующий эффект. Опытный участок школьного отделения заложен 2-летними сеянцами ели и сосны, выращенными в питомнике открытого грунта. Сеянцы ели перед посадкой имели высоту 11...12 см, диаметр стволика у корневой шейки — 2,5...3,0 мм, длину главного корня — 15...17 см; сеянцы сосны — 10...11 см, 4,1—4,7 мм и 16...17 см соответственно. Корневые системы опытных растений намачивали в растворах препаратов концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} % в течение 15 ч, контрольных растений (контроль 1) — в воде в течение того же времени при температуре 18...20 °С. Посадку производили ручным способом 16 мая 1986 г. Растения высаживали рядами с расстоянием между ними 20 см, между рядами — 1 м. Высаживали также сеянцы ели (контроль 2), подготовленные к посадке по принятой в практике технологии (обмакивание корней в воду). Всего высажено 2000 сеянцев по 100...110 растений в каждом варианте.

В конце первого и второго периодов вегетации произведены учет саженцев и основные биометрические замеры. Результаты измерений статистически обработаны методом вариационной статистики [1]. Эффективность действия препаратов оценивали по приживаемости растений, приросту в высоту, диаметру стволика и сухой биомассе основных органов саженцев по сравнению с контролем.

Результаты опыта показали, что предпосадочное замачивание корней сеянцев ели и сосны в растворах препаратов повышает их приживаемость (табл. 1). Так, если у контрольных растений приживаемость ели в первый год роста была равна 82 %, то под влиянием препаратов она повысилась до 86...98 %, что составляет 106...120 % контроля. Наибольшее повышение приживаемости ели (на 20 %) обеспечил фильтрат лиственного щелока концентрацией 10^{-3} % и лиственный щелок той же концентрации (на 17 %). Намачивание в растворах хвойного черного щелока вызвало повышение приживаемости ели на 13 %. К концу второго года в вариантах со щелоками и фильтратом лиственного щелока число прижившихся саженцев ели превысило контроль на 20...40 %. Для сосны лучшая приживаемость получена при использовании растворов хвойного щелока и фильтрата лиственного щелока концентрацией 10^{-4} %. В первый год роста эти продукты обеспечили увеличение числа прижившихся саженцев на 19 и 11 % по отношению к контролю, во второй — на 25 и 23 % соответственно.

Предпосадочная обработка корневых систем сеянцев ели и сосны оказала положительное влияние не только на приживаемость растений, но и на их рост (табл. 2). У саженцев ели, корневые системы которых обрабатывали стимуляторами, к концу первого года значительно увеличился прирост в высоту: на 64...129 % по отношению к контролю. Максимальный прирост ели имел место в варианте с лиственным чер-

Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Прирост по высоте		Диаметр стволика		Число побегов	
		см	%	мм	%	шт.	%
ЧЩ лиственный	10 ⁻³	$3,2 \pm 0,1$	229	$4,1 \pm 0,2$	117	$8,1 \pm 0,2$	104
		$4,1 \pm 0,2$	100	$5,0 \pm 0,2$	98	$2,7 \pm 0,1$	96
	10 ⁻⁴	$2,5 \pm 0,1$	179	$3,8 \pm 0,2$	109	$8,2 \pm 0,3$	105
		$3,8 \pm 0,2$	93	$5,7 \pm 0,2$	112	$3,0 \pm 0,2$	107
» хвойный	10 ⁻³	$2,9 \pm 0,1$	207	$4,3 \pm 0,1$	123	$8,7 \pm 0,3$	112
		$5,4 \pm 0,2$	132	$5,3 \pm 0,2$	104	$2,9 \pm 0,1$	104
	10 ⁻⁴	$2,5 \pm 0,1$	179	$4,1 \pm 0,1$	117	$8,0 \pm 0,3$	103
		$4,2 \pm 0,2$	102	$4,8 \pm 0,2$	94	$2,3 \pm 0,1$	82
ФЧЩ лиственный	10 ⁻³	$2,4 \pm 0,1$	171	$3,6 \pm 0,1$	103	$7,5 \pm 0,3$	96
		$7,3 \pm 0,3$	178	$5,0 \pm 0,2$	98	$3,5 \pm 0,2$	125
	10 ⁻⁴	$2,4 \pm 0,1$	171	$3,4 \pm 0,2$	97	$6,8 \pm 0,2$	87
		$4,8 \pm 0,2$	117	$4,8 \pm 0,2$	94	$2,6 \pm 0,1$	93
» хвойный	10 ⁻³	$2,3 \pm 0,1$	164	$3,0 \pm 0,1$	86	$6,4 \pm 0,2$	82
		$4,9 \pm 0,2$	120	$5,0 \pm 0,2$	98	$3,0 \pm 0,1$	107
	10 ⁻⁴	$2,8 \pm 0,1$	200	$3,4 \pm 0,1$	97	$7,4 \pm 0,3$	95
		$6,5 \pm 0,2$	159	$4,6 \pm 0,2$	90	$3,7 \pm 0,2$	132
Вода: контроль 1	—	$1,4 \pm 0,1$	100	$3,5 \pm 0,1$	100	$7,8 \pm 0,3$	100
		$4,1 \pm 0,2$	100	$5,1 \pm 0,1$	100	$2,8 \pm 0,1$	100
» 2	—	$1,1 \pm 0,1$	79	$3,2 \pm 0,1$	91	$5,7 \pm 0,2$	73

Примечания. 1. В числителе — показатели для саженцев ели; в знаменате-

Препарат	Концентрация раствора препарата, %	Прирост по высоте за две вегетации		Диаметр стволика у корневой шейки		Число побегов	
		см	%	мм	%	шт.	%
ЧЩ лиственный	10 ⁻³	8,4	175	$5,5 \pm 0,2$	106	$17,8 \pm 0,7$	101
		12,8	115	$6,3 \pm 0,3$	117	$6,0 \pm 0,8$	113
	10 ⁻⁴	10,5	219	$5,4 \pm 0,2$	104	$18,9 \pm 0,7$	107
		12,2	110	$5,3 \pm 0,2$	98	$6,9 \pm 0,3$	130
» хвойный	10 ⁻³	9,1	190	$5,4 \pm 0,2$	104	$18,9 \pm 0,8$	107
		13,1	118	$6,2 \pm 0,2$	115	$6,2 \pm 0,4$	117
	10 ⁻⁴	9,4	196	$5,6 \pm 0,2$	108	$20,1 \pm 0,8$	114
		11,7	105	$5,3 \pm 0,2$	98	$6,2 \pm 0,3$	117
ФЧЩ лиственный	10 ⁻³	10,3	215	$5,6 \pm 0,2$	108	$18,2 \pm 0,9$	103
		13,5	122	$6,4 \pm 0,2$	118	$6,9 \pm 0,3$	130
	10 ⁻⁴	7,3	152	$4,7 \pm 0,2$	90	$18,2 \pm 1,0$	103
		13,3	120	$5,3 \pm 0,2$	98	$5,9 \pm 0,2$	111
» хвойный	10 ⁻³	6,9	144	$4,9 \pm 0,2$	94	$14,5 \pm 0,5$	82
		12,5	113	$5,3 \pm 0,1$	98	$5,9 \pm 0,3$	111
	10 ⁻⁴	7,9	165	$5,4 \pm 0,2$	104	$17,3 \pm 0,9$	98
		12,2	110	$5,8 \pm 0,2$	107	$6,0 \pm 0,3$	113
Вода: контроль 1	—	4,8	100	$5,2 \pm 0,2$	100	$17,7 \pm 1,0$	100
		11,1	100	$5,4 \pm 0,1$	100	$5,3 \pm 0,3$	100
» 2	—	4,0	83	$5,6 \pm 0,2$	108	$15,2 \pm 0,8$	86

Примечания. 1. В числителе — показатели для саженцев ели; в знаменате-

Таблица 2

Биомасса					
корневой системы		стволка		хвон	
г	%	г	%	г	%
$0,54 \pm 0,02$	138	$0,70 \pm 0,08$	189	$1,39 \pm 0,13$	190
$0,53 \pm 0,01$	73	$0,74 \pm 0,05$	59	$1,18 \pm 0,17$	102
$0,34 \pm 0,01$	87	$0,42 \pm 0,03$	114	$0,74 \pm 0,03$	101
$0,57 \pm 0,04$	78	$1,57 \pm 0,04$	126	$2,36 \pm 0,22$	203
$0,45 \pm 0,05$	115	$0,61 \pm 0,06$	165	$0,68 \pm 0,03$	93
$0,58 \pm 0,04$	79	$0,85 \pm 0,03$	68	$0,70 \pm 0,06$	60
$0,47 \pm 0,02$	120	$0,58 \pm 0,01$	157	$0,78 \pm 0,02$	107
$0,63 \pm 0,03$	86	$1,22 \pm 0,12$	98	$1,50 \pm 0,10$	129
$0,54 \pm 0,02$	138	$0,71 \pm 0,04$	192	$0,92 \pm 0,05$	126
$0,89 \pm 0,07$	122	$1,24 \pm 0,09$	99	$1,66 \pm 0,10$	143
$0,50 \pm 0,03$	128	$0,72 \pm 0,01$	195	$0,61 \pm 0,04$	84
$0,52 \pm 0,03$	71	$0,82 \pm 0,07$	66	$1,35 \pm 0,11$	116
$0,52 \pm 0,02$	133	$0,37 \pm 0,01$	100	$0,47 \pm 0,06$	64
$0,61 \pm 0,02$	83	$1,36 \pm 0,07$	109	$0,80 \pm 0,02$	69
$0,55 \pm 0,02$	141	$0,48 \pm 0,02$	130	$0,75 \pm 0,05$	103
$0,73 \pm 0,04$	100	$1,20 \pm 0,04$	96	$1,52 \pm 0,16$	131
$0,39 \pm 0,02$	100	$0,37 \pm 0,01$	100	$0,73 \pm 0,03$	100
$0,73 \pm 0,04$	100	$1,25 \pm 0,07$	100	$1,16 \pm 0,03$	100
$0,38 \pm 0,02$	97	$0,42 \pm 0,02$	113	$0,59 \pm 0,01$	81

ле — для сосны. 2. В контроле 2 приведены данные для саженцев ели.

Таблица 3

Биомасса						Соотноше- ние над- земной и подземной биомасс
корневой системы		стволка		хвон		
г	%	г	%	г	%	
$2,26 \pm 0,07$	169	$2,78 \pm 0,11$	126	$2,75 \pm 0,11$	139	2,4 : 1
$0,87 \pm 0,06$	105	$2,06 \pm 0,10$	92	$2,21 \pm 0,12$	104	4,9 : 1
$2,51 \pm 0,12$	187	$2,61 \pm 0,11$	118	$2,60 \pm 0,07$	131	2,1 : 1
$0,75 \pm 0,05$	90	$2,65 \pm 0,20$	118	$2,80 \pm 0,23$	131	7,3 : 1
$3,14 \pm 0,15$	234	$2,78 \pm 0,19$	126	$3,15 \pm 0,21$	159	1,9 : 1
$0,83 \pm 0,02$	100	$2,64 \pm 0,13$	117	$2,82 \pm 0,14$	133	6,6 : 1
$2,69 \pm 0,09$	201	$2,61 \pm 0,16$	118	$2,46 \pm 0,16$	124	1,9 : 1
$0,84 \pm 0,06$	101	$2,50 \pm 0,13$	111	$2,39 \pm 0,13$	112	5,8 : 1
$1,60 \pm 0,07$	119	$2,24 \pm 0,10$	101	$1,90 \pm 0,07$	96	2,6 : 1
$1,78 \pm 0,08$	214	$2,78 \pm 0,11$	123	$2,91 \pm 0,21$	137	3,2 : 1
$1,80 \pm 0,05$	134	$1,96 \pm 0,08$	89	$1,76 \pm 0,10$	89	2,1 : 1
$1,41 \pm 0,06$	170	$2,42 \pm 0,10$	108	$3,90 \pm 0,19$	183	4,5 : 1
$1,82 \pm 0,05$	136	$2,05 \pm 0,05$	93	$1,84 \pm 0,07$	93	2,1 : 1
$0,92 \pm 0,06$	111	$2,50 \pm 0,17$	111	$2,14 \pm 0,28$	100	5,0 : 1
$2,07 \pm 0,06$	154	$2,27 \pm 0,16$	103	$1,97 \pm 0,08$	99	2,0 : 1
$1,00 \pm 0,07$	120	$2,31 \pm 0,13$	103	$3,15 \pm 0,16$	148	5,5 : 1
$1,34 \pm 0,10$	100	$2,21 \pm 0,12$	100	$1,98 \pm 0,08$	100	3,1 : 1
$0,83 \pm 0,03$	100	$2,25 \pm 0,09$	100	$2,13 \pm 0,13$	100	5,3 : 1
—	—	—	—	—	—	—

ле — для сосны. 2. В контроле 2 приведены данные для саженцев ели.

ным щелоком концентрацией 10^{-3} ‰. Статистически значимое увеличение диаметра стволика наблюдалось в вариантах с листовным щелоком концентрацией 10^{-3} ‰ (на 17 ‰) и хвойным щелоком концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} ‰ (на 23 и 17 ‰ соответственно). Оптимальной для щелоков и листовного фильтрата была концентрация 10^{-3} ‰, для хвойного фильтрата — 10^{-4} ‰.

Одним из важных показателей роста растений является их биомасса. В большинстве вариантов саженцы ели превосходили контрольные по биомассе стволика (на 30...97 ‰) и корневой системы (на 27...39 ‰), что свидетельствует о хорошей регенерации корней в течение первого года роста в школьном отделении. Наибольшие различия с контролем обеспечил листовный черный щелок концентрацией 10^{-3} ‰: превышение по биомассе корней, стволика и хвои составило 38, 91 и 90 ‰ соответственно. Интенсивное накопление биомассы саженцами ели наблюдалось и в варианте с фильтратом листовного щелока концентрацией 10^{-3} ‰. Различия с контролем в этом варианте составили 36 ‰ по биомассе корней, 94 ‰ — по биомассе стволика, 26 ‰ — по биомассе хвои. Сравнение показателей роста опытных и контрольных саженцев ели свидетельствует о некотором положительном влиянии длительного намачивания корней в воде (контроль 1) по сравнению с общепринятой технологией подготовки семян к посадке (контроль 2). Однако основной стимулирующий эффект обеспечивает действующее вещество испытанных продуктов.

Сеянцы сосны проявили меньшую отзывчивость на обработку препаратами, чем сеянцы ели. Увеличение прироста в высоту саженцев составило 20...78 ‰ по отношению к контролю, возрастание числа побегов — 25...32 ‰. Лучшие результаты получены в вариантах с фильтратом хвойного щелока (концентрация 10^{-4} ‰) и фильтратом листовного щелока (концентрация 10^{-3} ‰). Различие с контролем по приросту в высоту в первом из указанных вариантов составило 59 ‰, по числу побегов — 32 ‰, во втором — 78 и 25 ‰ соответственно. Предпосадочная обработка сеянцев сосны растворами препаратов активизировала рост зеленой массы саженцев. К концу первого года роста в школьном отделении биомасса хвои опытных саженцев оптимальных вариантов была на 16...104 ‰ больше контроля.

Наблюдения за ростом двухлетних саженцев (2 + 2) показали, что во втором вегетационном периоде сохраняются тенденции опережающего роста опытных саженцев по сравнению с контрольными (табл. 3). Прирост в высоту опытных саженцев ели был в 1,5—2 раза выше, чем у контрольных. Максимальное увеличение прироста обеспечили растворы щелоков и фильтрата листовного щелока. Биомасса корневой системы саженцев ели практически во всех вариантах больше контроля на 34...134 ‰. Статистически достоверное увеличение биомассы стволика (на 26 ‰) наблюдалось в варианте с листовным щелоком концентрации 10^{-3} ‰, увеличение биомассы хвои (на 31...59 ‰) — в вариантах со щелоками. Один из показателей качества посадочного материала — соотношение биомасс надземной и подземной частей растения. Для саженцев хвойных пород оптимально соотношение 2:1 — 3:1 [4]. Как видно из табл. 3, под влиянием препаратов это соотношение для саженцев ели сдвигается в сторону оптимальных значений за счет опережающего нарастания корневой массы по сравнению со стволиком и хвоей. В опытах на сосне положительный эффект за два года обеспечили растворы хвойного щелока концентрацией 10^{-3} ‰, фильтрата листовного щелока концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} ‰; фильтрата хвойного щелока концентрацией 10^{-4} ‰. Лучшие результаты полу-

чены в варианте с листовым фильтратом концентрацией 10^{-3} ‰; различия с контролем составили: по приросту в высоту — 22 ‰, по диаметру стволика — 18 ‰, по биомассе корней — 114 ‰, стволика — 23 ‰, хвои — 37 ‰. В этом же варианте соотношение надземной и подземной биомасс близко к оптимальному (3,2 : 1).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об эффективности черных щелоков и выделенных из них фильтратов как стимуляторов роста, способствующих повышению приживаемости и качества посадочного материала. Из испытанных препаратов наибольшее положительное влияние на приживаемость и рост саженцев ели оказали растворы черных щелоков, саженцев сосны — фильтрата листового щелока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дворецкий Л. М. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 101 с. [2]. Изучение рострегулирующей активности основных групп органических соединений черного щелока от сульфатной варки лиственной древесины / Л. Г. Попова, А. А. Юринова, И. В. Полянская и др. // Лесн. журн.— 1988.— № 1.— С. 78—84.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Продолжительность действия стимуляторов на рост сеянцев ели и сосны в условиях теплиц / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Л. Г. Попова и др. // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 89—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Родин А. Р. Лесные культуры и лесомелiorация.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 327 с. [5]. Родин А. Р. Перспективы интенсификации лесокультурных работ // Науч. тр. / МЛТИ.— 1983.— Вып. 148.— С. 75—80. [6]. Стимулирование роста сеянцев ели и сосны в открытом грунте / Т. В. Соколова, Т. И. Прохорчук, Е. Н. Кибасова и др. // Лесн. журн.— 1982.— № 6.— С. 38—42.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 19 октября 1989 г.

УДК 630*432.31

СКОРОСТЬ ПРОДВИЖЕНИЯ ФРОНТА ПОЖАРА ПО СУХИМ ТРАВСТОЯМ БЕЗЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ

Ю. А. КУЗНЕЦОВ

Байкальская ЛОС

При расчете сил и средств, необходимых для тушения растительных пожаров, необходимо знать скорость продвижения их фронта. Оперативность борьбы с пожарами вызывает необходимость использования уравнения, не требующего громоздких и трудоемких вычислений и в то же время позволяющего определить скорость продвижения с достаточной степенью точности.

В лесопирологической литературе накоплен некоторый материал по изучению механизма распространения лесных пожаров, использованы математические уравнения, раскрывающие причинно-следственные связи и показывающие количественные зависимости.

Впервые комплексный подход к учету влияния различных факторов на скорость распространения низового пожара был опробован Г. А. Амосовым [2], который вывел несколько корреляционных уравнений. Затем М. А. Софронов [4] рассчитал коэффициенты, показывающие относительную зависимость скорости горения от значений влияющих факторов.

Использование формулы на практике ограничивается тем, что коэффициенты выведены для однородных горючих материалов.

Н. П. Курбатский и Г. А. Иванова [3] разработали статистические многофакторные модели кромки низового лесного пожара для сосняка разнотравно-брусничникового и березняка разнотравного. Им удалось устранить недостатки упомянутых уравнений. В этих моделях учтен

весь комплекс ЛГМ с его составом и структурой, присущий данным лесорастительным условиям, выявлены количественные оценки влияния взаимодействующих факторов на скорость распространения фронта низового пожара. Среди несомненных достоинств этих моделей — простота их использования.

Нами сделана попытка рассчитать скорость продвижения фронта пожара по сухим травостоям безлесных участков эмпирическим методом с помощью интерполяционного уравнения с применением факторного планирования и регрессионного анализа [1].

В нашем эксперименте приняты следующие факторы, влияющие на скорость фронта: скорость ветра, показатель засухи, высота и запас надземной массы сухих травостоев. Эта совокупность факторов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к планированию эксперимента: факторы совместимы и независимы. Управляемость каждого из них достигается выбором времени проведения опытов (скорость ветра и показатель засухи) и подбором опытных участков (высота и запас надземной массы сухих трав).

При решении задачи вывода интерполяционной формулы неопределенность, связанная с выбором типа уравнения, не имеет существенного значения, так как можно использовать любое уравнение при обязательном условии его значимости. В этом случае преимуществом обладает линейное уравнение как самое простое. Некоторые исследователи полагают, что при небольших интервалах варьирования факторов использование линейного уравнения правомерно [3].

Еще одна позитивная черта данного уравнения — учет взаимовлияния факторов — эффектов взаимодействия.

В табл. 1 приведены уровни варьирования факторов и их кодированные значения.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов и их кодированные значения

Факторы	Обозначение фактора	Область определенного фактора в эксперименте	Уровни варьирования		
			нижний	основной	верхний
			Кодированное значение		
			-1	0	+1
Скорость ветра, м/с	X_1	2...10	2	6	10
Показатель засухи	X_2	600...1100	600	850	1100
Высота сухих трав, м	X_3	0,15...0,50	0,15	0,325	0,50
Запас массы сухих трав, кг/м ²	X_4	0,1...0,3	0,1	0,2	0,3

Опыты проводили на площадках размером 10 × 15 м по методике воспроизведения части фронтальной кромки пожара, предложенной Н. П. Курбатским и Г. А. Ивановой [3]. Зажигали полосу сухого травостоя вдоль длинной стороны, расположенной перпендикулярно направлению ветра. Участки характеризовались равномерным распределением горючих материалов по территории. Запас надземной части сухих травостоев определяли по образцам, взятым с 15 учетных площадок размером 0,5 × 0,5 м. Для достижения 10 %-й точности их количество увеличивали. Показатель засухи рассчитывали по формуле, принятой в практике охраны лесов от пожаров. Данные, необходимые для его расчета, брали на метеостанциях, удаленных от опытных участков на расстояние от 4 до 7 км. Скорость ветра измеряли непосредственно во время опытов крыльчатым анемометром с наветренной стороны участка на высоте травостоя.

Расчеты по выводу уравнения вели по методике планирования эксперимента при поиске оптимальных условий. Между названием

данной методики и задачей, решаемой нами, существует, на первый взгляд, несоответствие, так как нас не интересует оптимум. Однако методика построения уравнения (без членов, содержащих квадраты факторов) аналогична требованиям оптимизации до момента получения адекватной формулы. В табл. 2 показаны совокупности значений факторов и количество повторностей по каждому опыту, а также скорости продвижения фронта пожара по сухим травостоям в данных экспериментах.

Таблица 2

Условия проведения
и результаты опытов

Кодированные значения факторов				Число повторных опытов	Средняя скорость фронта пожара, м/мин
X_1	X_2	X_3	X_4		
—	—	—	—	7	27,8
+	—	—	—	8	43,5
—	+	—	—	5	30,3
+	+	—	—	6	50,9
—	—	+	—	9	26,5
+	—	+	—	7	64,4
—	+	+	—	5	35,8
+	+	+	—	10	79,2
—	—	—	+	5	24,1
+	—	—	+	7	51,2
—	+	—	+	8	27,5
+	+	—	+	8	57,8
—	—	+	+	10	26,8
+	—	+	+	5	71,6
—	+	+	+	9	28,9
+	+	+	+	6	94,4

Результаты по каждой совокупности значений факторов являются средней арифметической из всех повторностей, вошедших в расчет после их проверки по критерию Стьюдента. Способ расчета коэффициентов, примененный нами, известен как метод Йетса.

Значимость каждого коэффициента проверяли независимо по критерию Стьюдента. Некоторые коэффициенты, в основном при эффектах взаимодействия, незначительны. По отношению к свободному члену уравнения они составляют от 0,90 до 2,2 % и в связи с этим не вошли в уравнение

$$y = 46,3 + 17,84x_1 + 4,32x_2 + 7,16x_3 + 1,49x_4 + \\ + 2,14x_1x_2 + 6,13x_1x_3 + 1,81x_2x_3 + 3,12x_1x_4.$$

Данная регрессия позволяет определить степень влияния каждого учетного фактора на скорость продвижения фронта пожара. Значение коэффициента является количественной мерой этого влияния. Однако необходимо остановить внимание на том факте, что эксперимент проводили в локальной области факторного пространства и коэффициенты (со знаками при них) отражают влияние только в этой области. Области определения каждого фактора приведены в табл. 1.

Зависимость скорости продвижения фронта пожара от ветрового режима X_1 по отношению к другим учетным факторам максимальна (17,84). Далее по убывающей следует высота сухих травостоев (коэффициент при X_3 равен 7,16). Значимость погодных условий в пределах уровней варьирования X_2 значительно ниже (коэффициент 4,32).

Знаки при коэффициентах регрессии, раскрывающие характер влияния факторов, положительны. Это указывает на то, что с увеличением значений факторов растет скорость продвижения фронта пожара.

Эффекты взаимодействия факторов сказываются на скорости продвижения фронта пожара независимо от степени влияния самих факторов. Наибольшее значение имеет взаимодействие скорости ветра и высоты сухих травостоев (коэффициент при $X_1 X_3$ равен 6,13). В связи с ограниченным объемом статьи рассмотрим причины, обуславливающие механизм влияния лишь эффекта взаимодействия $X_1 X_3$.

Положительный знак при коэффициентах данного члена регрессии указывает на увеличение скорости продвижения фронта пожара при одновременном возрастании и уменьшении значений обоих факторов. Повышение скорости фронта при возрастании скорости ветра и высоты сухих травостоев обусловлено уменьшением угла наклона пламени к горизонтальной поверхности, увеличением его длины и высоты травостоев, т. е. увеличением зоны прямого контакта раскаленных газов с сухими травостоями.

Одновременное понижение натуральных значений этих факторов также приводит к увеличению скорости распространения фронта пожара. Изменение высоты сухих травостоев от 0,5 м до 0,15 м при постоянном запасе надземной массы сухих трав ведет к увеличению их структурной плотности, что обуславливает повышение скорости фронта при снижении силы ветра. При запасе надземной массы трав $0,3 \text{ кг/м}^2$ и высоте сухих травостоев 0,5 м их плотность составит $0,6 \text{ кг/м}^3$, тогда как при высоте 0,15 м и том же запасе надземной массы она равна 20 кг/м^3 .

Изменением структуры слоя горючих материалов объясняется уменьшение скорости продвижения огня с увеличением высоты сухих травостоев при постоянной скорости ветра 2 м/с. Рыхлость структуры обуславливает сравнительно позднее загорание элементарных частиц горючих материалов, следующих за горящими. Данный механизм влияния эффекта взаимодействия $X_1 X_3$ действует при скоростях ветра от 2 до 6 м/с. При силе ветра 6 м/с (кодированное значение 0) изменение высоты сухих травостоев в этом эффекте взаимодействия не оказывает влияния на скорость продвижения фронта.

Рассматривая влияние данного эффекта взаимодействия в следующих факторных сочетаниях: $X_1 = +1$ и $X_3 = -1$; $X_1 = -1$ и $X_3 = -1$, приходим к выводу, что при высоте сухих травостоев 0,15 м и постоянном запасе их надземной массы повышение силы ветра ведет к уменьшению скорости продвижения фронта пожара. Это обусловлено отрывом пламени и тем большим, чем выше скорость ветра, а также увеличивающимся притоком относительно холодного воздуха. Незначительная высота сухих травостоев не обеспечивает увеличения зоны прямого контакта с раскаленными газами.

Полученные результаты исследования дают возможность использовать рассчитанное уравнение в качестве основы для разработки практической методики расчета необходимых сил и средств пожаротушения при борьбе с весенне-осенними пожарами на безлесных площадях. Простота определения значения влияющих факторов не вызывает трудностей при применении уравнения в практике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.— М.: Наука, 1976.— 279 с. [2]. Амосов Г. А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров // Возникновение лесных пожаров.— М.: Наука, 1964.— С. 152—183. [3]. Курбатский Н. П., Иванова Г. А. Статистическая многофакторная модель кромки ни-

зового лесного пожара // Моделирование в охране лесов от пожаров.— Красноярск: ИЛид, 1979.— С. 9—16. [4]. Софронов М. А. Лесные пожары в горах Южной Сибири.— М.: Наука, 1967.— 149 с.

Поступила 9 января 1989 г.

УДК 630*232.312

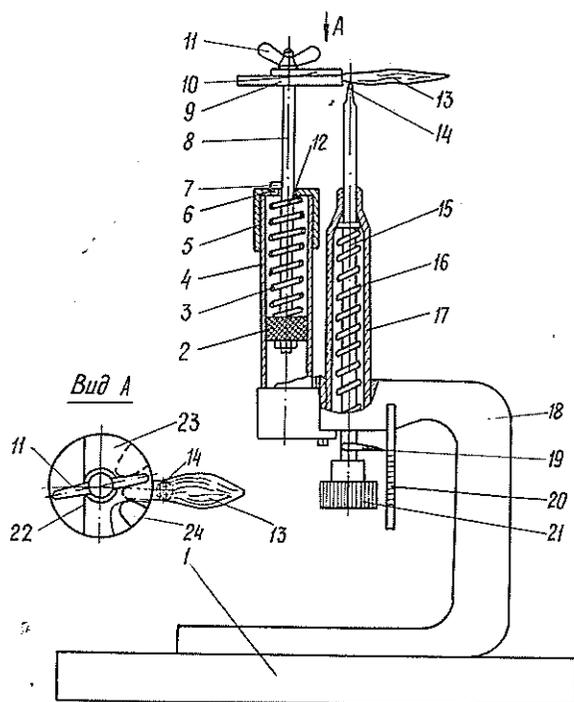
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КРЕПЛЕНИЯ КРЫЛАТОК К ЛЕСНЫМ СЕМЕНАМ

Л. Т. СВИРИДОВ

Воронежский лесотехнический институт

Для обоснования технологических схем процесса обработки семян в семяочистительных машинах, выбора жесткости применяемых рабочих органов и окружной скорости их вращения важно знать прочность крепления крылаток к семенам у различных лесных пород. Этот вопрос до настоящего времени мало изучен. В научной и технической литературе практически отсутствуют, за небольшим исключением [2, 4], сведения о прочности крепления крылаток к семенам, что значительно усложняет обоснование конструкций и разработку эффективных механизированных средств для обескрыливания и очистки лесных семян с учетом энергетических показателей.

В данной статье приведены результаты исследований прочности крепления крылаток к семенам различных лесных пород методом их излома. Нами было разработано и изготовлено устройство для измерения усилия обламывания крылаток семян [1].



Устройство состоит из основания 1, стойки 18, на которой закреплен пружинный динамометр 17 с измерительным стержнем 15 (см. рисунок). Торцевая часть верхнего конца стержня 15 имеет срез, образующий по центру его оси прямоугольную пло-

щадку 14 шириной 0,8...1,0 мм. Ширина площадки выбрана исходя из диаметра (толщины) проволоки, применяемой для рабочих поверхностей обескряпывателя. Для тарировки пружинного динамометра 17 устанавливают съемный колпачок 21. К нижней части стержня 15 прикреплена стрелка 19, служащая отсчетчиком показаний при тарировке пружины 16 динамометра 17 и дальнейшем определении усилия обламывания крылаток по шкале 20. Держатель 10 для семян жестко закреплен на силопередающем штоке 8, соединенном с поршнем 2, который установлен в цилиндрическом корпусе 4, закрепленном на стойке 18 параллельно измерительному стержню 15 пружинного динамометра 17. Цилиндрический корпус 4 завинчивается сверху крышкой 5, в которой по центру имеется отверстие 12 для прохода штока 8, а также три проточки 6 для прохода фиксатора 7, находящегося на штоке 8, при его совмещении с крышкой 5. Между поршнем 2 и крышкой 5 установлена нагружающая пружина 3 с жесткостью в 1,3—1,4 раза большей, чем суммарная жесткость пружины динамометра и среднее значение излома крылатки. Держатель 10 для семян состоит из диска 9 с тремя радиальными пазами 24 и поворотного диска 23 с лыской 22, соосно расположенного над диском 9, который поджимается гайкой 11. Между дисками 9 и 23 размещают исследуемые семена 13. Тарировку пружинного динамометра 17 производят при помощи нагружения его гирями различной массы (1...100 г и более).

Усилия излома определяли следующим образом. Исследуемые семена 13 с крылатками устанавливали в держателе 10 так, чтобы семя находилось между дисками 9 и 23, а крылатка выступала. Силопередающий шток 8 с поршнем 2 и держателем 10 для семян перемещали в вертикальном направлении для обеспечения зазора, равного 1...1,5 мм, между крылаткой и прямоугольной площадкой измерительного стержня. Поворотом фиксатора 7 выводили систему из равновесия. Пружина 3 под действием силы упругости давит на поршень 2 и равномерно перемещает его вниз, увлекая за собой шток 8 с держателем и испытуемым семенем 13. В это же время воздух под поршнем 2 выходит через отверстие в нижний торец цилиндра, которое предназначено для соединения подпоршневого пространства с атмосферой. Крылатка семени 13 давит на прямоугольную площадку 14. Это усилие по измерительному стержню передается на пружину 16 динамометра, которая, сжимаясь в зависимости от приложенной к ней силы (прочности крепления крылатки), дает возможность перемещаться измерительному стержню 15 и с помощью стрелки 19 отмечать на проградуированной шкале 20 силу крепления крылатки к семени. Непосредственное измерение производится в момент излома крылатки, стрелка 19 указывает на шкале силу излома.

Для проведения последующего измерения поршень 2 со штоком 8 поднимают держателем 10 для семян так, чтобы фиксатор 7 находился чуть выше крышки 5, и поворачивают шток 8 на некоторый угол для зацепления фиксатора 7 с крышкой 5. Так как в держателе 10 три радиальных паза 24 для семян и три проточки 6 для фиксатора 7, то, выводя систему из равновесия, определяют аналогично усилие излома крылатки. После измерения усилия семени удаляют из держателя, закладывают новые и опыты повторяют.

Исследования проводили с семенами хвойных: сосны обыкновенной, полученной из Сомовского мехлесхоза Воронежской области, ели обыкновенной — из Гатчинского лесхоза Ленинградской области, лиственницы сибирской — из Красноярского края, и лиственных пород: клена остролистного, ясенелистного и татарского, ясеней обыкновенного и зеленого, вяза обыкновенного и мелколистного, собранных в естественных насаждениях Воронежской области. По каждой породе отбирали средние образцы, выделяя вначале навески и составляя исходные образцы. Для исследования использовали исходные образцы семян с влажностью, которая соответствовала естественному их состоянию после сбора (8...14%), а также образцы подсушенных семян, влажность которых равнялась складской (7...9%). Для подсушки использовали сушильные шкафы, а влажность определяли в соответствии с условиями ГОСТ 13056.3—86 [3]. В целях получения высокой достоверности результатов по каждому варианту опыта измерения проводили у 100...150 семян. Вычисляли среднее значение (\bar{x}), среднее квадратичное отклонение (σ), ошибку среднего ($\sigma_{\bar{x}}$), коэффициент вариации (v) и точность опыта (p). Данные о прочности крепления крылаток к семенам различных пород представлены в таблице.

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что прочность крепления крылаток к семенам у различных пород неодинакова. Так, для семян вязов, сосны, ели и лиственницы она незначительна и колеблется от 6,76 до 16,06 сН. Для клена татарского прочность крепления крылаток к семенам уже значительно выше и составляет 51,1 и 70,0 сН, а для других пород этот показатель еще выше: для клена ясенелистного — 95,8 и 167,0, ясеня обыкновенного — 123,1 и 138,0 и ясеня зеленого — 112,2 и 182,0 сН. Клен остролистный имеет наибольшее усилие крепления крылатки к семени (220,6 и 414,0 сН), которое в 25—30 раз выше, чем у семян вязов, сосны и ели обыкновенной. А значит, техно-

Прочность крепления крылаток к семенам различных лесных пород

Порода	\bar{x} , сН	σ , сН	$\sigma_{\bar{x}}$, сН	s , %	ρ , %
Сосна обыкновенная	10,9	3,9	0,56	35,7	4,0
	12,4	0,9	0,13	7,3	1,03
Ель обыкновенная	10,5	2,09	0,29	19,9	2,8
	11,9	1,7	0,25	14,3	2,1
Лиственница сибирская	16,06	2,78	0,39	17,32	2,4
	—	—	—	—	—
Клен остролистный	220,6	23,4	3,8	10,6	1,5
	414,0	65,4	0,9	15,8	2,2
» ясенелистный	95,8	12,6	1,8	13,2	1,9
	167,0	5,5	0,8	3,3	0,5
» татарский	51,1	4,6	1,3	9,0	2,5
	70,0	13,5	1,9	19,2	2,7
Ясень обыкновенный	123,1	10,8	1,5	8,8	1,2
	138,0	4,7	0,7	3,4	0,5
» зеленый	111,2	19,5	2,8	17,6	2,5
	182,0	7,5	1,1	3,4	0,5
Вяз обыкновенный	6,76	2,20	30,3	32,6	4,6
	7,95	1,4	0,19	17,6	2,5
» мелколистный	7,61	1,56	0,22	20,4	2,9
	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — значения усилий крепления крылаток к семенам при влажности 7...9 %; в знаменателе — при влажности в естественном состоянии 9...14 %.

логические параметры обескрыливателей, в частности значения жесткости щеточных рабочих органов для обработки этих пород, должны быть различны. Поэтому представляется целесообразным для обработки различных видов семян в обескрыливателях иметь сменные щетки с различной или регулируемой жесткостью. Кроме того, из таблицы видно, что прочность связи крылаток с семенами увеличивается с повышением влажности семян. Так, если при влажности 7...8 % усилие обламывания крылаток для сосны обыкновенной составляет 10,9 сН, то при влажности 9...14 % оно равно 12,4 сН. Для клена остролистного эти показатели значительно выше (соответственно 220,6 и 414 сН). Для других семян наблюдается аналогичное явление.

Наши исследования показали также, что при дальнейшем росте влажности семян наступает момент, когда отделение (обламывание) крылатки от семени становится невозможным, поскольку крылатка приобретает большую гибкость и не обламывается. Как для сосны обыкновенной, так и для других пород такое явление наступает при влажности семян выше 13...15 %. Поэтому обескрыливание семенного материала целесообразнее проводить при меньшей влажности. Наиболее приемлема влажность 6...9 %, при которой обычно хранятся семена. Такую влажность имеет семенной материал хвойных пород, полученный непосредственно из шишкосушилок. Семена лиственных пород, собранные в насаждениях, перед обработкой должны быть предварительно подсушены до влажности 7...9 %.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 1408256 СССР, МКИ⁴ G 01 L 1/04. Устройство для измерения усилия обламывания крылаток лесных семян / Л. Т. Свиридов, П. А. Чеботарев (СССР).—

№ 4087103/24-10; Заявл. 28.05.86, Бюл. № 25 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 25.— С. 184—185. [2]. Баранов А. И. Машины и механизмы для лесного хозяйства.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 376 с. [3]. ГОСТ 13056.3—86. Семена деревьев и кустарников. Методы определения влажности.— Взамен ГОСТ 13056.3—67; Введ. 01.07.87 до 01.07.92.— М.: Изд-во стандартов, 1986.— 15 с. [4]. Нартов П. С., Полупариев Ю. И., Свиридов Л. Т. Механизация работ по определению посевных качеств лесных семян.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1981.— 32 с.— (Механизация и автоматизация лесохозяйственного производства: Обзор. информ. / ЦБНТИ Гослесхоза СССР; Вып. 3).

Поступила 24 января 1989 г.

УДК 630*165 : 630*174 : 630*892.6

СТРУКТУРА НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ПО СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ

А. А. ВЫСОЦКИЙ, Н. Н. ЛАВРИНЕНКО

ЦНИИЛГиС, Воронежский государственный университет

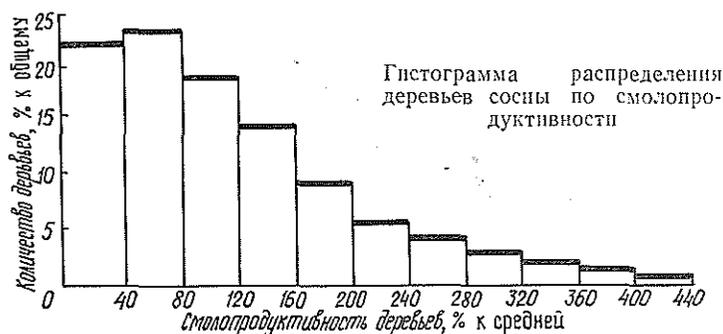
Для обоснования интенсивности отбора и критериев для плюсовых по смолопродуктивности деревьев необходимо знать структуру насаждений по этому признаку. Имеющиеся литературные сведения [2—4, 10—16] весьма противоречивы, что исключает возможность получить обобщенные данные. Объясняется это, видимо, тем, что исследователи применяли неодинаковые методические решения, поэтому, по данным одних авторов, ряды деревьев по смолопродуктивности подчиняются закону нормального распределения, другие указывают, что они только приближаются к нормальным, количество деревьев низкой смолопродуктивности составляет в насаждениях от 10 до 64 %, а высокосмолопродуктивных — от 8 до 34 %.

Объектами исследований являлись естественные и искусственные насаждения сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в Воронежской, Брянской, Липецкой, Кировской и Ленинградской областях, искусственные насаждения сосны крымской (*Pinus Palasiiana* Lamb.) в Крымской и Ростовской областях и интродуцированной в СССР сосны черной (*Pinus nigra* Arn.) в Курской области. Возраст естественных насаждений 20...100 лет, класс бонитета I—IV.

Смолопродуктивность деревьев устанавливали по прямому признаку. Количество выделившейся живицы в подсачиваемых насаждениях определяли по результатам производственных работ, в остальных — методом микроранений с использованием прозрачных полиэтиленовых трубок диаметром 5 мм. Количество выделившейся живицы учитывали через 24 ч после нанесения ранений. Показателем смолопродуктивности служил выход живицы в расчете на 1 см диаметра ствола при одинаковой нагрузке [7]. В зависимости от величины признака деревья разделяли на категории: низкой смолопродуктивности — с выходом живицы на 1 см диаметра до 40 % от среднего для насаждения; пониженной — 41...80 %; средней — 81...120 %; повышенной — 121...160 %; высокой — 161 % и более. На каждой пробе исследовали не менее 200 деревьев. Закономерности распределения деревьев по смолопродуктивности изучали на ЭВМ по специально разработанным программам. В связи с наличием вариант с очень высокими значениями признака программы предусматривали и оценку средних по методу Хампеля [1].

Установлено, что кривые распределения деревьев по смолопродуктивности (см. рисунок) имеют сильно развитую правую ветвь, где сосредоточены члены с большими значениями признака. Для них характерна положительная асимметрия и отрицательный эксцесс.

Проверка нормальности рядов с использованием критерия согласия (χ^2) показала, что в насаждениях сосны не соблюдается закон нормального распределения деревьев по смолопродуктивности. Лишь некоторые из исследованных рядов согласуются с этой гипотезой, однако с вероятностями, очень близкими к значениям, при которых гипотеза о нормальности отвергается ($p = 0,03...0,12$). Другие только приближаются к логарифмическим нормальным рядам. Это значит, что в



исследованном материале, наряду с неизбежными случайными, действуют постоянные факторы, связанные, видимо, с наследственной обусловленностью смолопродуктивности деревьев. Поэтому при обработке такого материала вместо среднего значения (\bar{x}), принятого при нормальном распределении, корректнее определять величину выборочной медианы (m), являющейся устойчивой оценкой рядов с так называемыми «утяжеленными хвостами».

Полученные данные показали, что основное количество деревьев (45...52%), независимо от возраста исследованных насаждений и условий их произрастания (табл. 1), относится к категории низкой и пониженной смолопродуктивности, 15...20% составляют деревья средней и около 30% — повышенной и высокой смолопродуктивности.

Таблица 1

Структура естественных насаждений сосны обыкновенной по смолопродуктивности деревьев (Кировский лесхоз, Адышевское лесничество)

Возраст, лет	Класс бонитета	Тип сосняков	Число исследованных деревьев	Распределение деревьев, % по категориям смолопродуктивности				
				Низкая	Пониженная	Средняя	Повышенная	Высокая
20	II	Майниковый	206	26	25	15	19	15
50	II	Майниково-брусничниковый	222	20	26	22	15	17
80	II	То же	218	22	29	19	12	18
100	II	»	212	25	27	19	14	15
60	I	Майниковый	212	28	27	19	11	15
60	II	Майниково-брусничниковый	222	20	26	22	15	17
60	III	Брусничниковый	210	24	22	23	12	19
60	IV	Долгомошниковый	211	27	26	18	11	18

Особый интерес для селекции представляют сосна крымская и черная, смолопродуктивность которых в 1,5—2,0 раза выше, чем у сосны обыкновенной [6, 8]. Выполненные исследования показали (табл. 2), что в искусственных насаждениях сосны крымской и черной распределение деревьев по категориям смолопродуктивности такое же, как в естественных и искусственных насаждениях сосны обыкновенной. В насаждениях исследованных видов сосны деревья со смолопродуктивностью в 3 и более раз выше средней составляют 2...3%, в 4 и более раз выше средней — 0,5...1,5%, в 5 и более раз выше средней — 0,2...0,5%.

Использование насаждений подсочкой связано с изъятием органических веществ в виде живицы, на образование которой затрачивается

Таблица 2

Структура искусственных насаждений сосны по смолопродуктивности деревьев

Лесхоз	Лесничество	Возраст, лет	Класс бонитета	Число исследованных деревьев	Распределение деревьев, % по категориям смолопродуктивности				
					Низкая	Пониженная	Средняя	Повышенная	Высокая
Сосна обыкновенная									
Сомовский	Городское	18	I	1416	31	20	18	12	19
Брасовский	Погребское	18	I	890	31	22	18	13	16
Навлинский	Клюковничковское	19	I	773	22	25	21	11	21
Лисинский	Ульяповское	22	III	791	19	28	25	15	13
В. Полянский	Бурецкое	21	I	735	26	19	20	14	21
Сосна крымская									
Алуштинский	Алуштинское	18	III	380	20	27	22	14	17
Симферопольский	Красногорское	19	I	334	21	28	22	13	16
Городищенский	Большинское	15	II	254	24	26	20	12	18
Сосна черная									
Рыльский	Глушковское	70	I	296	29	13	15	10	23

почти половина ассимилятов [9], что на 35...40 % снижает прирост древесины [5]. В ответ на такое воздействие интенсифицируется синтез и выделение живицы, однако в связи с неодинаковыми возможностями для увеличения смолы выделения у деревьев разной смолопродуктивности значительно изменяется структура насаждений по этому признаку (табл. 3).

На структуре подсаживаемых насаждений сказывается и стихийное исключение рабочими из эксплуатации деревьев самой низкой смолопродуктивности, как не оправдывающих трудовых затрат. При этом еще и искусственно завышается их средняя смолопродуктивность. Поэтому в подсаживаемых насаждениях количество деревьев пониженной и низкой смолопродуктивности составляет 35...40 %, а максимальная смолопродуктивность деревьев превышает среднюю смолопродуктивность насаждения только в 2,5—3,0 раза, что необходимо учитывать при отборе плюсовых по смолопродуктивности деревьев в таких насаждениях.

Таблица 3

Структура подсоченных насаждений сосны обыкновенной по смолопродуктивности деревьев

Лесхоз	Лесничество	Возраст, лет	Класс бонитета	Число исследованных деревьев	Распределение деревьев, %, по категориям смолопродуктивности				
					Низкая	Пониженная	Средняя	Повышенная	Высокая
Воронежский	Борское	95	I	244	9	27	32	27	5
		90	II	250	16	26	24	22	13
	Краснолесенское	95	III	214	5	36	36	16	7
Куликовский	Колодезское	80	Ia	265	10	32	33	15	10

Полученные данные не дают оснований для утверждения о выравнивании рядов распределения по смолопродуктивности с улучшением условий произрастания и о преобладании в молодняках деревьев очень низкой и очень высокой смолопродуктивности [15—17]. Смолопродуктивность, как генетически обусловленный количественный признак, наиболее полно реализуется в оптимальных для роста экологических условиях. Улучшение их положительно сказывается на выходе живицы независимо от биологической смолопродуктивности [9]. Возрастными особенностями насаждений вряд ли можно объяснить и преобладание в молодняках контрастных по смолопродуктивности деревьев [15], так как сосна — перекрестноопыляемая порода, у которой наблюдается любое сочетание признаков роста и смолопродуктивности. Естественное же изреживание насаждений связано с особенностями роста деревьев, отмирают отстающие в росте деревья независимо от их биологической смолопродуктивности.

В насаждениях сосны обыкновенной независимо от их происхождения (естественные или искусственные), возраста (в исследованном интервале от 20 до 100 лет) и условий произрастания (от I до IV класса бонитета) содержится практически одинаковое количество деревьев по категориям смолопродуктивности, в них поддерживается динамическое равновесие (популяционный гомеостаз) генетического состава деревьев по этому признаку, которое нарушается лишь в подсачиваемых насаждениях, а смолопродуктивность проявляется уже на ранних этапах онтогенеза.

Смолопродуктивность плюсовых по этому признаку деревьев при отборе в неэксплуатируемых подсочкой насаждениях естественного или искусственного происхождения должна не менее чем в 3,5—4,0 раза, а в подсачиваемых не менее чем в 2,5—3,0 раза превышать среднюю смолопродуктивность насаждений, в которых они отбираются. Интенсивность отбора ценного генетического фонда при таких критериях составляет 0,5...1,5 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Афири А., Эйзен С. Статистический анализ.— М.: Мир, 1982.— 488 с.
 [2]. Бондарев В. Я. Обоснование рациональной технологии и организации сбора живицы при разных системах и методах подсочки: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Свердловск, 1974.— 37 с. [3]. Винк Б. Ф., Орлов И. И. К вопросу индивидуальной изменчивости сосны ленточных боров Казахстана по признаку смолопродуктивности // Сб. тр. / КазНИИЛХ.— 1970.— Вып. 7.— С. 28—31. [4]. Ворончихин Н. З. Резервы подсочного производства // Лесохимия и подсочка.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1970.— С. 15—16. [5]. Высоцкий А. А. Влияние подсочки на жизнедеятельность сосны.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 64 с. [6]. Высоцкий А. А. Биологическая смолопродуктивность местных и некоторых интродуцированных видов

сосны // Сб. науч. тр. / ЦНИИЛГиС.— Воронеж, 1983.— С. 146—151. [7]. Высоцкий А. А. Единица измерения биологической смолопродуктивности сосны // Гидролизн. и лесохимич. пром-сть.— 1983.— № 3.— С. 15—16. [8]. Гордеев А. В. Интродукция высокосмолопродуктивных видов сосны на песках // Лес и степь.— 1972.— № 7.— С. 18—26. [9]. Иванов Л. А. Биологические основы добытия терпентина в СССР.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961.— 292 с. [10]. Киров А. М. Пути повышения эффективности подсочного производства Среднего Урала.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973.— 44 с. [11]. Коростелев А. С. Лесоводственно-технологическое обоснование применения минеральных удобрений и сульфитно-дрожжевой бражки при подсочке сосны: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Свердловск, 1975.— 25 с. [12]. Мельников А. П. Лесоводственно-технологическое обоснование подсочки сосны в лесах Казахского мелкосопочника: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Алма-Ата, 1971.— 21 с. [13]. Петерсон О. А. Лесоводственно-технологическое обоснование применения новых химических стимуляторов при подсочке сосны обыкновенной в условиях Среднего Урала: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Свердловск, 1974.— 25 с. [14]. Пилинович В. Ф. Лесоводственно-биологические принципы классификации сосны обыкновенной по смолопродуктивности: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Свердловск, 1970.— 24 с. [15]. Терешина Т. А. Об индивидуальной изменчивости сосны по смолопродуктивности на Среднем Урале // Сб. работ по итогам НИР за 1964—1965.— Свердловск, 1966.— С. 28—30. [16]. Чудный А. В. Оценка и отбор деревьев по смолопродуктивности в молодняках сосны // Лесоэксплуатация и лесн. хоз-во.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1965.— № 11.— С. 3—7. [17]. Шкапо Е. Е. Изменчивость морфологических признаков хвон и шишек сосны обыкновенной и их связь со смолопродуктивностью // Сб. докл. по итогам НИР за 1963—1964 гг.— Брянск, 1965.— С. 35—41.

Поступила 16 января 1989 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3 : 531

ДИНАМИКА КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ
ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

А. В. ЖУКОВ, А. И. КИРИЛЬЧИК

Белорусский технологический институт

При проектировании систем управления лесовозных автопоездов необходимо определить их кинематические и динамические параметры. Они зависят от нагрузочных режимов, определяемых условиями эксплуатации лесовозного автопоезда.

В связи с этим в рассматриваемой расчетной модели, в отличие от известных [2, 4], динамические показатели нагруженности элементов привода рассматриваются в зависимости от кинематики системы управления.

Расчетная схема движения лесовозного автопоезда в кривых представлена на рис. 1. Ведущей является задняя ось тягача, остальные оси автопоезда — ведомые. В качестве основных выделены четыре степени свободы, которые характеризуются следующими обобщенными координатами: $x_1, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$.

При составлении динамической модели полагали:

криволинейное движение задается изменением угла поворота управляемых колес тягача в функции времени;

коэффициенты увода осей, а также жесткости и коэффициенты сопротивления шин в вертикальном и боковом направлении линейны; пачка хлыстов жесткая;

рессоры и амортизаторы отсутствуют.

Дифференциальные уравнения движения системы, полученные при помощи уравнения Лагранжа II рода, имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_T \ddot{x}_1 + \mu_1 \dot{x}_1 + C_1 x_1 + k_1 \dot{\varphi}_1 + g_1 \varphi_1 + m_1 \dot{\varphi}_2 + n_1 \varphi_2 + \\ \quad + S_1 \dot{\varphi}_3 + d_1 \varphi_3 = P_1; \\ I_T^z \ddot{\varphi}_1 + \mu_2 \dot{\varphi}_1 + C_2 \varphi_1 + k_2 \dot{x}_1 + g_2 x_1 + m_2 \dot{\varphi}_2 + n_2 \varphi_2 + \\ \quad + S_2 \dot{\varphi}_3 + d_2 \varphi_3 = P_2; \\ I_{np}^z \ddot{\varphi}_2 + \mu_3 \dot{\varphi}_2 + C_3 \varphi_2 + k_3 \dot{x}_1 + g_3 x_1 + m_3 \dot{\varphi}_1 + n_3 \varphi_1 = P_3; \\ I_{np}^0 \ddot{\varphi}_3 + \mu_4 \dot{\varphi}_3 + C_4 \varphi_3 + k_4 \dot{x}_1 + g_4 x_1 + m_4 \dot{\varphi}_1 + n_4 \varphi_1 = P_4, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\mu_1 = 2k'_{ш1} \sin^2(\gamma - \delta_1) - 2k_{ш2} \cos^2 \delta_2 - 2k'_{ш2} \sin^2 \delta_2 - 2k'_{ш3} g_n^2 \sin^2 \delta_3 -$
 $- 2k^1_{ш4} g_n^2 \sin^2 \delta_4 - k_5 \dot{x}_1 \cos^2 \psi_T - k_5 \frac{r_{np} \sin^2 \psi_T}{r_3^2};$

$C_1 = 2C'_{ш1} \sin^2(\gamma - \delta_1) - 2C_{ш2} \cos^2 \delta_2 - 2C'_{ш2} \sin^2 \delta_2 - 2C'_{ш3} g_n^2 \sin^2 \delta_3 -$
 $- 2C'_{ш4} g_n^2 \sin^2 \delta_3 - C_5 \cos^2 \psi_T - C_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3^2};$

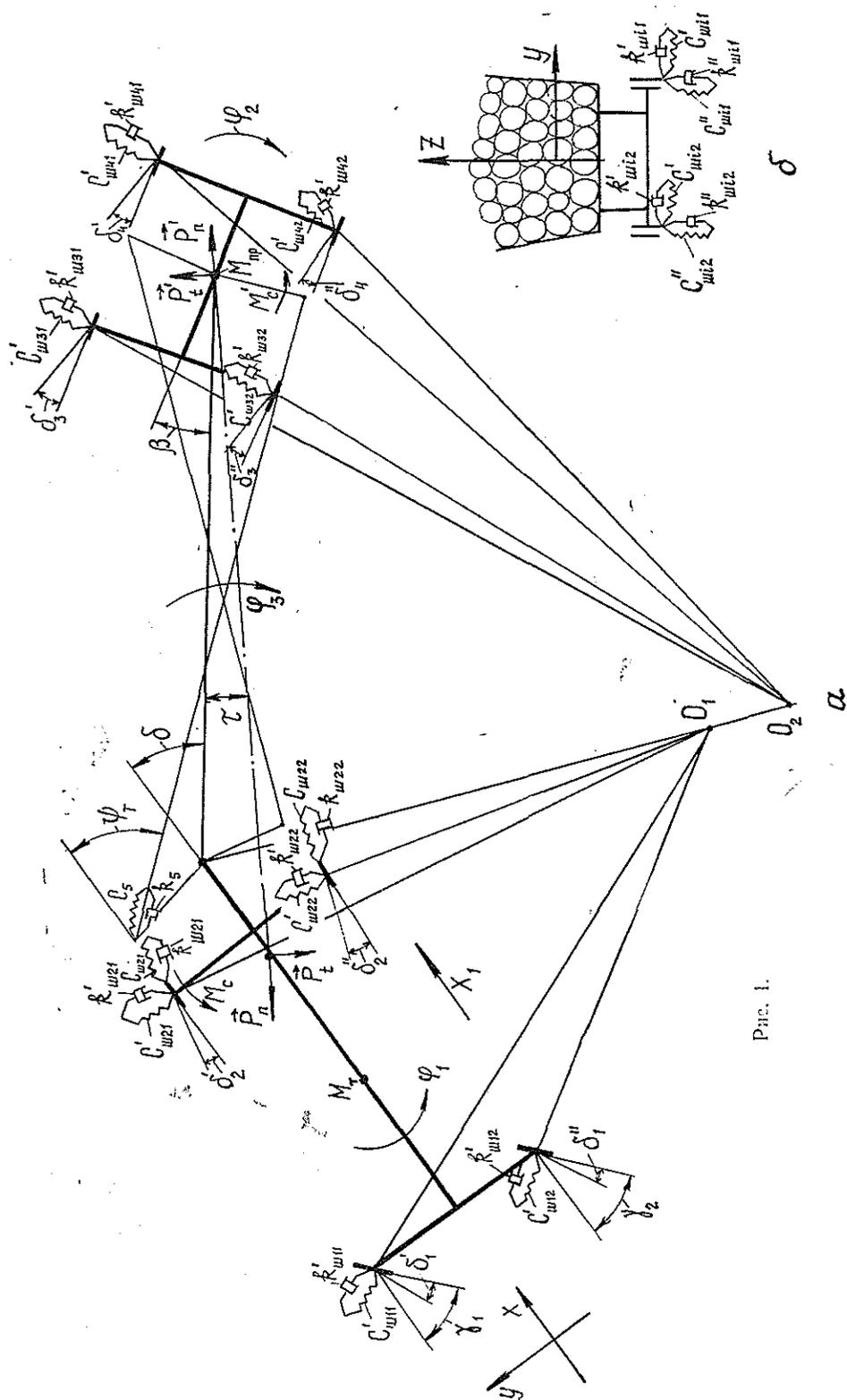


Рис. 1.

Рис. 1. Расчетная схема криволинейного движения лесовозного автопоезда: *а* — положение автопоезда на повороте; *б* — схема действия сил на оси автопоезда в поперечной вертикальной плоскости (*i* — порядковый номер оси автопоезда; *j* — порядковый номер шины); M_T, M_{np} — массы тягача и прицепа-ропуса с учетом приходящихся на них масс частей пакета хлыстов; $C_{ш21}, C_{ш22}$ — крутильные жесткости шин ведущих колес; $C'_{шиj}$ — поперечная жесткость шин автопоезда; $C''_{шиj}$ — вертикальная жесткость шин автопоезда; C_5 — продольная жесткость рабочего троса сцепки; $k_{ш21}, k_{ш22}$ — продольные коэффициенты сопротивления шин ведущих колес тягача; $k'_{шиj}$ — поперечные коэффициенты сопротивления шин автопоезда; $k''_{шиj}$ — вертикальные коэффициенты сопротивления шин автопоезда; k_5 — продольный коэффициент затухания колебаний рабочего троса сцепки; γ_1, γ_2 — текущие углы поворота управляемых колес тягача; δ, β — передний и задний углы складывания автопоезда; τ — угол поворота пачки хлыстов относительно дышла; ψ_T — угол наклона рабочей ветки тросового привода; $\delta'_1, \delta''_1, \delta'_2, \delta''_2, \delta'_3, \delta''_3, \delta'_4, \delta''_4$ — углы увода шин автопоезда; M_c, M'_c — моменты сопротивления поворота конников; P_n, P_t — нормальная и касательная составляющие внутренних реакций сил от действия пакета хлыстов

$$\begin{aligned}
 k_1 &= k_5 \frac{r_{np} \sin^2 \psi_T}{r_3} - k_5 L_{T2} \cos^2 \psi_T; \\
 g_1 &= C_5 L_{T2} \cos^2 \psi_T + C_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \quad m_1 = -k_5 \frac{r_{np} \sin^2 \psi_T}{r_3}; \\
 n_1 &= -C_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \quad S_1 = k_5 g_n \cos \psi_T; \quad d_1 = C_5 g_n \cos \psi_T; \\
 P_1 &= P_T \cos \delta_3 - P_{f1} \cos (\gamma - \delta_1) - P_{f2} \cos \delta_2; \\
 \mu_2 &= 2k'_{ш1} r_1^2 \sin^2 (\gamma - \delta_1) + 2k_{ш2} r_2^2 \sin^2 \delta_2 - 2k'_{ш2} r_2 \cos^2 \delta_3 - \\
 &\quad - k_5 L_{T2} \cos^2 \psi_T - k_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \\
 C_2 &= 2C'_{ш1} r_1^2 \cos^2 (\gamma - \delta_1) + 2C_{ш2} r_2^2 \sin^2 \delta_2 - 2C'_{ш2} r_2 \cos^2 \delta_3 + \\
 &\quad + 2C'_{ш3} L_{T2}^2 g_n^2 \sin^2 \delta_3 + C'_{ш4} L_{T2}^2 g_n^2 \sin^2 \delta_3 + C_5 L_{T2}^2 \cos^2 \psi_T - C_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \\
 k_2 &= -k_5 L_{T2} \cos^2 \psi_T + k_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \\
 g_2 &= C_5 L_{T2} \cos^2 \psi_T + C_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \\
 m_2 &= k_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \quad n_2 = C_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \\
 S_2 &= k_5 g_n L_{T2} \cos \psi_T; \quad d_2 = -C_5 g_n L_{T2} \cos \psi_T; \\
 \mu_3 &= -2k'_{ш3} r_3^2 \cos^2 \delta_3 + 2k'_{ш4} r_3^2 \cos^2 \delta_4 - k_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \\
 k_3 &= -k_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \quad g_3 = -C_5 \frac{r_{np}^2 \sin^2 \psi_T}{r_3}; \\
 m_3 &= k_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \quad n_3 = C_5 r_{np}^2 \sin^2 \psi_T; \\
 P_3 &= -F_{f3} r_3 \sin \delta_3 + P_{f4} r_3 \sin \delta_4 + F_{Tp2} l_{Tp2}; \\
 \mu_4 &= -k_5 g_n^2 - 2k'_{ш3} g_n^2 \sin^2 \delta_3 - 2k'_{ш4} g_n^2 \sin^2 \delta_4; \\
 C_4 &= -2C'_{ш3} g_n^2 \sin^2 \delta_3 - 2C'_{ш4} g_n^2 \sin^2 \delta_4 + C_5 g_n^2; \\
 k_4 &= k_5 g_n \cos \psi_T; \quad g_4 = C_5 g_n \cos \psi_T; \\
 m_4 &= k_5 g_n L_{T2} \cos \psi_T; \quad n_4 = C_5 g_n L_{T2} \cos \psi_T;
 \end{aligned}$$

$$P_4 = P_n L_d \sin \tau + P_l L_d \cos \tau - P_{f3} g_n \cos \delta_3 - p_{f1} g_n \cos \delta_1;$$

$P_{f1}, P_{f2}, P_{f3}, P_{f4}$ — силы сопротивления движению для соответствующих осей автопоезда;

P_T — сила тяги на ведущих колесах;

F_{T1}, F_{T2} — силы трения при повороте коников автопоезда;

r_1, r_2, r_3 — плечи приложения сил сопротивления движению;

r_{np} — плечо закрепления рабочей ветки сцепки;

g_n — проекция перемещения прицепа-ропусака относительно оси абсцисс, $g_n = L_x \sin \delta \sin \beta$;

L_x — длина дышла.

При решении задач, связанных с определением параметров сцепки, может быть принято допущение о независимости колебаний прицепа-ропусака от бокового отклонения точки сцепки тягача относительно его продольной оси. В этом случае система уравнений (1) распадается на две независимые системы, первая из которых описывает продольное взаимодействие тягача с прицепом-ропусаком, вторая — связь угловых колебаний тягача и прицепа-ропусака.

Систему дифференциальных уравнений решали на ЭВМ методом Рунге — Кутты с выводом результатов на печать.

На колебания механической системы активно влияют силы, возникающие от микронеровностей поверхности дороги. В расчетах микропрофиль поверхности дороги задавали уравнением [1]: $q = H (1 - \cos \omega t)$, где H — высота синусоиды относительно плоскости дороги; ω — частота возмущающей силы при периодическом чередовании неровностей. Скорость движения на повороте v_i и угол поворота управляемых колес тягача γ_i определяли по уравнениям [3], полученным по результатам обработки экспериментальных данных:

$$v_i = 0,5 \left\{ (v_n - v_R) + (v_n - v_R) \cos \left[\frac{(v_n + v_R) t_i}{2\pi K_2 (v_n - v_R)^{-2}} \right] \right\}; \quad (2)$$

$$\gamma_i = \arctg \left(\frac{L_T}{R} \right) \sin \left(\frac{v_n + v_R}{2R} t_i \right),$$

где v_n — скорость движения автопоезда при входе в поворот;

v_R — максимальная скорость на траектории поворота;

L_T — база автопоезда;

R — радиус поворота;

K_2 — поправочный коэффициент, равный 1,62;

t_i — время движения на повороте.

Исследования [3] показали, что повышение эффективности и безопасности движения лесовозных автопоездов может быть достигнуто

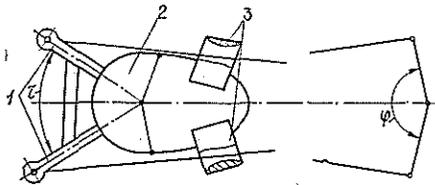


Рис. 2. Схема системы управления лесовозного автопоезда

за счет улучшения их маневренных свойств при использовании системы управления копирного типа. Конструктивная схема системы управления копирного типа представлена на рис. 2 и включает профильный подрамник 2, жестко закрепленный на задней поперечине тягача, и

балки 1, на концах которых крепятся тросы управления. По обеим сторонам профильного подрамника симметрично его продольной оси установлены коробчатые ограничители 3, через которые пропущены тросы управления. При движении по прямой тросы не касаются профильной поверхности подрамника. Такое их закрепление позволяет на начальной стадии входа автопоезда в поворот свести к минимуму угол поворота прицепа-ропуска относительно дышла и исключить, таким образом, его внешнее отклонение относительно траектории тягача. С увеличением угла поворота тягача трос начинает обкатываться по профильной поверхности подрамника, обеспечивая необходимый поворот прицепа-ропуска.

С использованием разработанной математической модели дана оценка влияния конструктивных параметров сцепок на кинематику и динамику криволинейного движения лесовозного автопоезда.

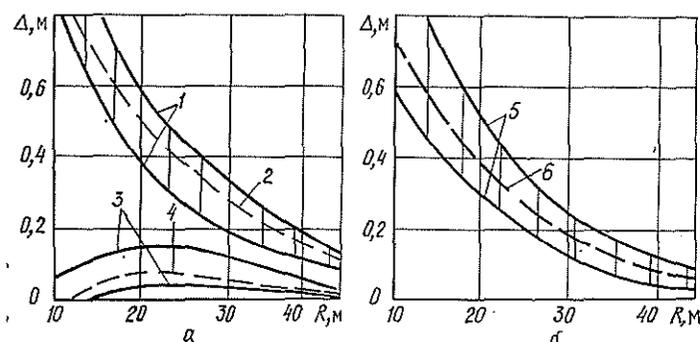


Рис. 3. Теоретические и экспериментальные зависимости внутреннего (а) и внешнего (б) смещения прицепа-ропуска: 1, 2 — граничные кривые экспериментальных данных и теоретическая кривая внутреннего смещения прицепа-ропуска относительно траектории середины задней оси тягача при крестообразной сцепке; 3, 4 — то же при разработанной сцепке; 5, 6 — то же для внешнего смещения при крестообразной сцепке

На рис. 3 приведены теоретические и экспериментальные зависимости изменения внутреннего и внешнего смещений прицепа-ропуска относительно середины задней оси тягача от радиусов поворота. Для автопоезда с крестообразной сцепкой с уменьшением радиусов поворота внутреннее и внешнее смещения прицепа-ропуска возрастают. Использование системы управления копирного типа позволяет полностью исключить внешнее смещение прицепа-ропуска и в 2,0—2,5 раза уменьшить внутреннее.

Зависимости максимальных усилий в тросах управления и моментов сопротивления повороту, действующих на тягач со стороны сцепки, представлены на рис. 4. Из них видно, что с увеличением нагрузки на рейс и уменьшением радиусов поворотов усилия в тросах и моменты сопротивления возрастают. Использование системы управления копирного типа позволяет в среднем на 9...15% снизить максимальные усилия в тросах управления, а максимальный момент сопротивления, действующий на тягач со стороны сцепки, уменьшить в 2,5 раза.

Расхождения расчетных и экспериментальных данных при оценке кинематических параметров не превышают 10...17%, расхождения при оценке динамической нагруженности находятся в пределах 12...18%.

Таким образом, разработанная математическая модель динамики криволинейного движения лесовозного автопоезда дает возможность

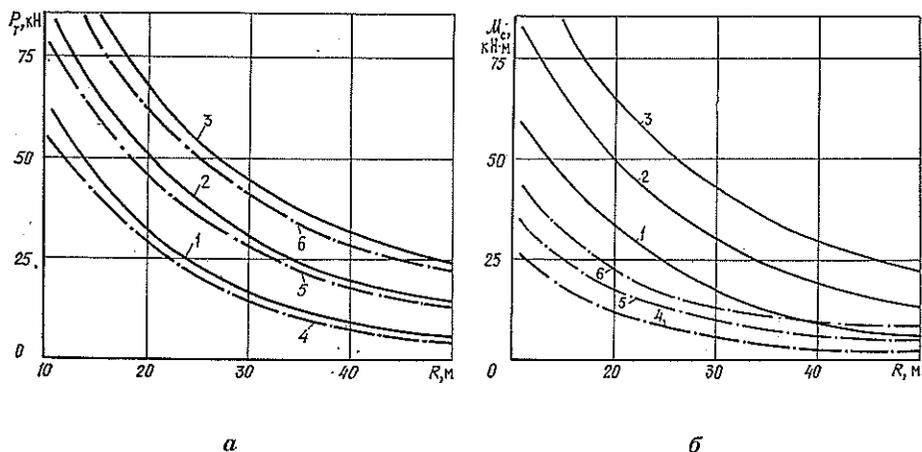


Рис. 4. Максимальные усилия в тросах (а) и максимальные моменты сопротивления повороту, действующие на тягач со стороны сцепки (б) при движении лесовозного автопоезда на повороте: 1, 4 — соответственно для крестообразной и разработанной сцепок при нагрузке на рейс $Q = 15 \text{ м}^3$; 2, 5 — то же при $Q = 20 \text{ м}^3$; 3, 6 — то же при $Q = 25 \text{ м}^3$

на стадии проектирования оценивать маневренные свойства лесовозных автопоездов и определять нагруженность элементов систем управления, в зависимости от конструктивных параметров и режима движения лесовозного автопоезда на повороте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жуков А. В., Кодолко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний.— Мн.: Наука и техника, 1978.— 264 с. [2]. Заклин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда.— М.: Транспорт, 1967.— 255 с. [3]. Кирильчик А. И. Повышение эффективности вывозки древесины лесовозным автопоездом при использовании системы управления прицепом-роспуском копирного типа: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Мн., 1986.— 22 с. [4]. Лахно В. П. Методика расчета крестообразной сцепки автомобиля с роспуском // Тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1973.— Вып. 132.— С. 85—89.

Поступила 2 марта 1988 г.

УДК 630*114.11 : 630*114.444 : 631.62

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКОВ

Н. П. КОВАЛЕНКО, О. И. ДАНЧЕНКО, А. Д. ХУДЯКОВ

Архангельский лесотехнический институт

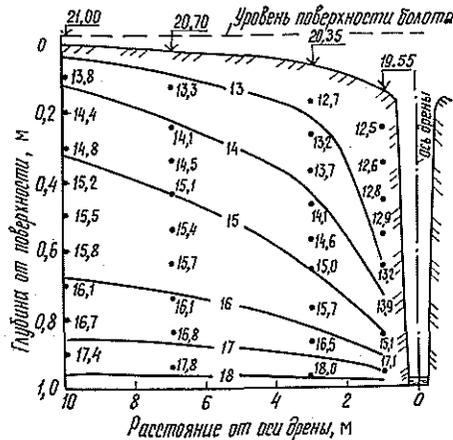
Периоду освоения торфяников для нужд сельского и лесного хозяйства предшествуют осушительные мероприятия [2, 6, 8], цель которых — регулирование водного режима [4, 8, 10]. Осушение изменяет потенциал влаги в торфяной водонасыщенной системе, что вызывает нарушение естественного равновесного состояния торфяников и их существенные деформации [3, 7, 9].

В работе [1] показано, что при уменьшении влажности торфа от максимальной полной влагоемкости ω_{max} до минимальной ω_{min} деформации торфяных отложений происходят под действием гравитационного потенциала (Π_r), при уплотнении — под воздействием каркасно-капиллярного потенциала (Π_k). Для определения изменения влажно-

сти, плотности и других водно-физических показателей осушаемого слоя [4], на болотах верхового типа были заложены опытные участки.

Участок № 1 расположен в 40 км от Архангельска, участок № 2 — на окраине города. На опытных участках, прилегающих к моренным грядам, верхний слой на глубину 10...12 см представлен неразложившимися остатками мхов и корневищ кустарничковых растений. Ниже располагается среднеразложившийся коричневый лесной торф (степень разложения $D_{pd} = 25 \dots 30 \%$, влажность $w = 450 \dots 500 \%$, коэффициент пористости $e = 10 \dots 12$), переходящий в хорошо разложившийся темно-коричневый ($D_{pd} = 40 \dots 45 \%$, $w = 400 \dots 500 \%$, $e = 8 \dots 10$). Четливой границы между пластинами не наблюдается. Глубина залежи достигает 3 м. Минеральное дно — суглинки ($e = 0,7$, $w = 55 \%$, $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$). Для участков болот, расположенных на значительном удалении от моренных гряд, верхний слой на глубину до 10 см представлен остатками травянистых растений, подстилаемыми травяно-сфагновым торфом. В верхнем горизонте торф светло-желтого цвета, малоразложившийся ($D_{pd} = 10 \dots 15 \%$, $w = 1200 \dots 2500 \%$, $e = 18 \dots 22$ и более). Придонный слой представлен сапропелем. Минеральное дно — суглинки. Глубина залежей — до 9 м.

Рис. 1. Распределение коэффициента пористости в осушаемой зоне для участка № 2



По результатам определения плотности и влажности построены линии равных коэффициентов пористости e (рис. 1). Аналогично распределяется влажность в осушаемой зоне [9]. Из данных работы [9] следует, что e изменился на участке № 1 от 21,5 до 11,1 (минимальное значение), на участке № 2 от 19,5 до 13,0, а объемная влажность от 0,85 до 0,88 и от 0,94 до 0,89 соответственно. При этом минимальная полная влагоемкость $\omega_{min} = 0,78$ для участка № 1 и $\omega_{min} = 0,74$ для участка № 2.

Распределение коэффициента пористости в осушаемой зоне подчиняется эмпирической зависимости

$$e = e_0 \beta(z) \exp(-nx), \quad (1)$$

где e_0 — начальный коэффициент пористости на глубине, соответствующей уровню воды в дрены;

$\beta(z)$ — экспериментальная функция, зависящая от глубины z , считая от уровня поверхности, находящейся за пределами зоны влияния дрены (табл. 1),

$$\beta = \frac{z}{m} + \beta_0. \quad (2)$$

$\beta_0 = 2,08$ и $m = 1,43 \dots 1,61$ — экспериментальные константы;

n — экспериментальная переменная, зависящая от расстояния x от оси дрены (табл. 2).

Таблица 1				Таблица 2			
$z, \text{ м}$	β	$z, \text{ м}$	β	$x, \text{ м}$	n	$x, \text{ м}$	n
0,1	2,13	0,6	2,44	1	1,220	6	0,177
0,2	2,22	0,7	2,48	2	0,565	7	0,155
0,3	2,28	0,8	2,58	3	0,373	8	0,129
0,4	2,35	0,9	2,69	4	0,268	9	0,114
0,5	2,39	1,0	2,78	5	0,212	10	0,102

Используя экспериментальные зависимости коэффициента пористости от нагрузки $e(P)$ (рис. 2), можно найти эквивалентные уплотняющие давления $P_э$ [1]:

$$P_э = P'_э + P_к, \quad (3)$$

где

$$P'_э = \frac{a_ω}{a_0} (\omega_{max} - \omega_{min}), \quad (4)$$

$a_ω$ — коэффициент сжимаемости водонасыщенного торфа при действии гравитационного потенциала (Π_r), когда влажность изменяется от ω_{max} до ω_{min} ;

a_0 — коэффициент сжимаемости при компрессии;

$P_к$ — капиллярные силы.

Величина $P_э$ находится из условия равенства деформаций при компрессионном уплотнении и осушении $\delta_p = \delta_ω$.

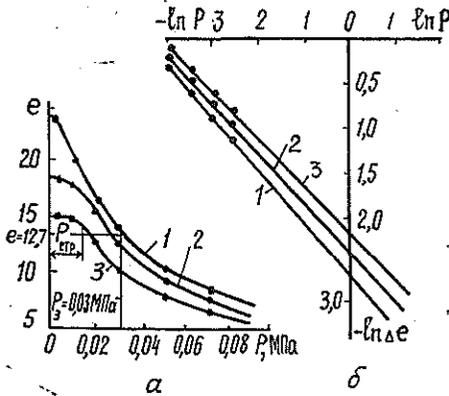


Рис. 2. Результаты компрессионных испытаний образцов торфа: а — зависимости $e(P)$; б — зависимости $\ln \Delta e$ ($\ln P$)

На рис. 2, а представлены кривые $e(P)$, полученные при компрессионных испытаниях образцов торфа. Кривая 1 соответствует образцам торфа, взятым из неосушенной части болота. Эта кривая подчиняется зависимости

$$\frac{e_p}{e_0} = \frac{K}{P^\alpha} \text{ при } P \geq P_{стр}, \quad (5)$$

где e_p — коэффициент пористости при нагрузке P ;

$P_{стр}$ — структурная прочность торфа, которую можно выделить на кривых в точках перегиба кривых.

Кривые 2 и 3 получены для образцов торфа из осушаемой части болота. В данном случае формируется новая структура, которая приводит к увеличению структурной прочности торфа $P_{стр}$ (табл. 3).

Таблица 3

Влажность торфа, %	Начальный коэффициент пористости	Структурная прочность, МПа	Сопротивление сдвигу, МПа	Расстояние от оси дрены до места отбора образца, м	Глубина отбора образца, м	Параметры компрессионных испытаний	
						K	α
890	16,6	0,012	0,010	10	0,10	0,05	0,79
900	14,8	0,016	0,014	3	0,30	0,11	0,61
920	14,4	0,012	0,012	3	0,45	0,06	0,74
930	15,9	0,009	0,010	40	0,15	0,06	0,55
1030	18,2	0,010	0,010	10	0,15	0,09	0,53
1200	21,1	0,007	0,009	42	0,10	0,15	0,44
1440	23,8	0,006	0,008	45	0,35	0,07	0,60

Для определения P_3 следует пользоваться кривой 1 на рис. 2, а (для естественной залежи). Например, по этой кривой можно определить, что в точке створа I—I, для которой $e = 12,7$, действует $P_3 = 0,03$ МПа (рис. 1 и 2). Компрессионные кривые могут быть представлены (рис. 2, б) в виде

$$\ln \Delta e = \ln K - \alpha \ln P. \quad (6)$$

Согласно [5], можно записать:

$$\delta_{\omega} = \left(\frac{e_0}{1 + e_0} \right) \left(1 - \frac{K}{P^{\alpha}} \right), \quad (7)$$

откуда при измеренных в полевых условиях значениях δ_{ω} послойно можно определить P_3 :

$$P_3 = \left(\frac{K}{1 - \delta_{\omega}} \right)^{1/\alpha}. \quad (8)$$

Здесь принято, что $\frac{e_0}{1 + e_0} \approx 1$ при $e > 18$.

Значения K и α для опытных участков № 1 и 2 даны в табл. 3. С учетом формул (1), (2) и (5) получим

$$e_P = e_0 \frac{K}{P_3^{\alpha}} = e_0 \left(\frac{z}{m} + \beta_0 \right) \exp(-nx), \quad (9)$$

откуда

$$P_3 = \left[\frac{K}{(z/m + \beta_0) \exp(-nx)} \right]^{1/\alpha}. \quad (10)$$

При этом следует учитывать величину бытового давления. На рис. 3 представлены полученные значения эквивалентных уплотняющих давлений.

Приравнивая (8) и (10), получим для элементарного слоя, расположенного на глубине z :

$$\delta_{\omega_i} = 1 - (z/m + \beta_0) \exp(-nx). \quad (11)$$

Полная осадка торфяной залежи при ее осушении определяется как сумма осадок отдельных слоев.

Зная распределение $P_3(z)$ (рис. 3) и используя полученную в данной работе формулу (9) для элементарного слоя h_i , можно определить деформации залежи от осушения:

$$S = \sum_{i=1}^n \delta_{\omega_i} h_i. \quad (12)$$

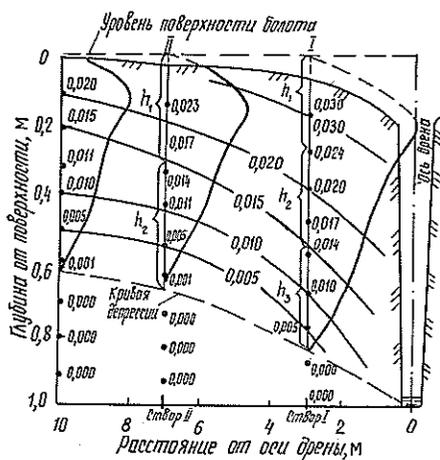


Рис. 3. Распределение эквивалентных уплотняющих давлений $P_{э}$, МПа, в осушаемой зоне для участка № 2

Например, для створа I—I (рис. 3), расположенного на расстоянии 3 м от оси дренажа, можно выделить три элементарных слоя, толщина которых определяется, как для неосушенной залежи, диапазонами эквивалентных уплотняющих давлений от 0 до 0,015, от 0,015 до 0,025 и от 0,025 до 0,035 МПа. В первом из них, считая от первоначальной поверхности, толщиной $h_1 = 0,85$ м среднее значение $P_{э} = 0,03$ МПа, во втором слое толщиной $h_2 = 0,35$ м $P_{э} = 0,02$ МПа, в третьем слое $h_3 = 0,30$ м $P_{э} = 0,01$ МПа. По формуле (12) получено

$$S_{I-I} = \delta_{\omega_1} h_1 + \delta_{\omega_2} h_2 + \delta_{\omega_3} h_3 = 0,36 \cdot 0,85 + 0,30 \cdot 0,35 + 0,32 \cdot 0,30 = 0,531 \text{ м.}$$

Фактическая осадка в этом створе составила 0,650 м.

Аналогичным путем в створе II—II можно выделить два элементарных слоя: $h_1 = 0,60$ м ($P_{э} = 0,02$ МПа) и $h_2 = 0,35$ м ($P_{э} = 0,01$ МПа). По формуле (12)

$$S_{II-II} = 0,26 \cdot 0,60 + 0,31 \cdot 0,35 = 0,264 \text{ м.}$$

Фактическая осадка здесь составила 0,300 м.

Таким образом, изменение естественного равновесного состояния торфяных отложений в результате осушения приводит к существенным деформациям, вызывая изменения рельефа местности, водно-физических свойств торфяных почвогрунтов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бондаренко Н. Ф., Коваленко Н. П. Водно-физические свойства торфяников.— Л.: Гидрометгиздат, 1979.— 159 с. [2]. Дренаж сельскохозяйственных земель: Сб. / ВАСХНИЛ.— Пер. с англ.— М.: Колос, 1964.— 730 с. [3]. Коваленко Н. П. Определение уплотняющих сил при глубинном осушении торфяной залежи // Лесн. журн.— 1972.— № 4.— С. 60—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Коваленко Н. П. Распределение потенциалов влаги в плоскости осушаемого пласта // Лесн. журн.— 1983.— № 4.— С. 58—61.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Коваленко Н. П., Худяков А. Д., Гореликов В. С. Предпроектное уплотнение торфяной залежи.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1971.— 96 с. [6]. Костяков А. Н. Основы мелиорации.— М.: Сельхозгиз, 1938.— 732 с. [7]. Мурашко А. И. Учет осадки торфа при проектировании закрытого дренажа // ДАН БССР.— 1961.— Т. 5, № 3.— С. 125—127. [8]. Скоропков С. Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв.— Минск: АН БССР, 1961.— 250 с. [9]. Худяков А. Д., Коваленко Н. П., Бондаренко Н. Ф. Глубинный дренаж как метод технической мелиорации торфяных грунтов // Лесн. журн.— 1968.— № 3.— С. 72—76.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Щебеко В. Ф., Закржевский П. И., Брагилевская Э. А. Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем.— Л.: Гидрометгиздат, 1980.— 312 с.

Поступила 12 января 1990 г.

УДК 630*36 : 621.936.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУД КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ ПРИВОДА БЕНЗИНОМОТОРНЫХ ПИЛ

Э. А. КЕЛЛЕР

Пермский политехнический институт

В работе [2] определены спектры собственных частот системы привода серийной бензопилы МП-5 «Урал-2». Выявлена возможность возникновения резонансных состояний трансмиссии на режимах рабочего и холостого хода. Для оценки этих состояний определим амплитуды угловых колебаний дискретных масс привода. С этой целью в динамическую расчетную схему, приведенную в работе [2], введем функции возмущающих моментов $M_{c_1}(t)$, $M_{л_2}(t)$, $M_{c_3}(t)$, $M_{c_4}(t)$, $M_{c_5}(t)$, которые приложены, соответственно, к массам с моментами инерции I_1 , I_2 , I_5 , I_6 , I_7 . Математическая модель может быть представлена в виде системы седьмого порядка

$$[A] \cdot \{q\} = \{M\}.$$

Выражения для матрицы $[A]$, составленной из коэффициентов при комплексных амплитудах угловых колебаний масс и вектора-столбца $\{q\}$ комплексных амплитуд угловых колебаний масс для режимов рабочего и холостого хода, приведены в работе [2]. Вектор-столбец возмущающих моментов для режима рабочего хода имеет вид

$$\{M_p\} = [M_{c_1}(t), M_{л_2}(t), 0, 0, M_{c_3}(t), M_{c_4}(t), M_{c_5}(t)]^T,$$

а для холостого хода

$$\{M_x\} = [M_{c_1}(t), M_{л_2}(t), 0]^T.$$

Возмущающие моменты определяли на специальных стендах при помощи тензометрирования [1]. Обработка результатов показала, что корреляционные функции этих процессов с течением времени не затухают и имеют вид, характерный для полигармонических колебаний. Спектральные характеристики подтверждают, что дисперсии возмущающих моментов сосредоточены в нескольких сравнительно узких диапазонах частот, совпадающих с частотами основных гармоник. Поэтому моменты внешних сил, действующих на дискретные массы на установившихся режимах работы привода, можно считать периодическими функциями, подчиняющимися условиям Дирихле. Зафиксированные на осциллограммах динамические составляющие моментов раскладывали в ряд Фурье. В результате получены следующие выражения:

для момента сил сопротивления крыльчатки вентилятора

$$M_{c_i}(t) = M_{0_i} + \sum_{l=1}^k \frac{12M_1}{l^2\pi^2} \sin i\omega_b t, \quad i = 1, 2, 4, \dots, k;$$

для момента движущих сил

$$M_{л_2}(t) = M_{0_2} + \sum_{l=1}^k \frac{2M_2}{l\pi} \sin i\omega_1 t, \quad i = 1, 3, 5, \dots, k;$$

для момента сил резания

$$M'_{c_i}(t) = M_{0_i} + \sum_{i=1}^k \frac{2M'_5}{i\pi} \sin i\omega_d t, \quad i = 1, 2, 3, \dots, k;$$

для моментов сил сопротивления кулачковых механизмов смазки пыльной цепи M'_{c_0} и гидроклина M'_{c_7} :

$$M'_{c_0}(t) = M_{0_0} + \sum_{i=1}^k \frac{8M'_6}{i^2\pi^2} \sin i\omega_1 t, \quad i = 1, 3, 5, \dots, k;$$

$$M'_{c_7}(t) = M_{0_7} + \sum_{i=1}^k \frac{8M'_7}{i^2\pi^2} \sin i\omega_3 t, \quad i = 1, 3, 5, \dots, k,$$

где $\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}$; n_1 — частота вращения коленчатого вала;

$\omega_3 = \frac{\pi n_5}{30}$; n_5 — частота вращения ведущей звездочки пыльной цепи;

$\omega_B = \frac{\pi n_1 z}{30}$; z — число лопастей крыльчатки вентилятора;

$\omega_d = \frac{5\pi V}{p}$ — круговая частота вхождения зубьев пыльной цепи в древесину;

V — скорость пыльной цепи;

p — шаг зубьев пыльной цепи.

Моменты сопротивления $M'_{c_2}(t)$; $M'_{c_6}(t)$ и $M_{c_7}(t)$, приложенные к соответствующим валам, приводятся к главному валу привода по соотношениям:

$$M_{c_5}(t) = M'_{c_5}(t) u_{21}; \quad M_{c_6}(t) = M'_{c_6}(t) u_{nk}; \quad M_{c_7}(t) = M'_{c_7}(t) u_{21},$$

где u_{21} — передаточное число редуктора;

u_{nk} — передаточное число винтовой передачи.

Значения величин, характеризующих возмущающие моменты системы привода бензопилы МП-5 «Урал-2», приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Амплитуды возмущающих моментов привода $M_i \cdot 10^3$, кН · м

Режим работы	M_{01}	M_{02}	M_{05}	M_{06}	M_{07}	M_1	M_2	M_5	M_6	M_7
Холостой ход	1,23	19,8	0	0	0	4,2	39,2	0	0	0
Рабочий ход	3,5	57,8	145,0	7,1	16,0	12,4	105,2	14	14,2	35,6

Таблица 2

Кинематические параметры привода ω_i , с⁻¹

Режим работы	ω_1	ω_3	ω_d	ω_B	u_{21}	u_{nk}	z
Холостой ход	198	—	—	2376	0,61	0,046	9
Рабочий ход	646	394	1152	7752			

Как показали эксперименты, аппроксимация возмущающих моментов детерминированными полигармоническими функциями справедлива для всех моделей бензопил и весьма удобна для выявления резонансных зон трансмиссии и определения динамических нагрузок в валах.

Амплитуды крутильных колебаний дискретных масс привода определяли для режимов холостого и рабочего ходов по стандартной программе РО714. Исходные данные и характер преобразования элементов матрицы приведены в работе [2]. При расчете для режима рабочего хода были удержаны только две первые гармоники возмущающих моментов, поскольку резонансов с остальными гармониками не наблюдается и их колебательная мощность незначительна. Для режима холостого хода учтены первая, вторая и четвертая гармоники моментов. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные значения амплитуд крутильных колебаний привода $a_i \cdot 10^{-3}$, рад

Режим работы	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Холостой ход	30,2	14,5	28,8	—	—	—	—
Рабочий ход, пиление с гидроклином	10,7	4,3	13,5	1,3	3,3	0,77	2,7

Данные табл. 3 показывают, что на рабочих режимах эксплуатации амплитуды крутильных колебаний масс привода значительны. Соотношение амплитуд подтверждает наличие на режиме рабочего хода резонанса 3-й формы колебаний, холостого — 1-й формы [2].

Динамические нагрузки в валах трансмиссии можно определить по соотношению

$$M_{ni} = c_i (a_i - a_{i+1}), \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

Экспериментальная проверка теоретической модели путем тензорирования динамической нагрузки в ведущем валу редуктора с жесткостью c_3 и измерения амплитуд крутильных колебаний маховика (I_1) и муфты сцепления (I_3) с помощью фотоэлектрических датчиков подтвердила ее приемлемость для практических расчетов (ошибка не превышает 15 %). Используя предложенную модель, можно оптимизировать динамические параметры системы привода и повысить ее надежность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Келлер Э. А. Аппроксимация внешних нагрузок привода пильного аппарата мотопил // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. / Перм. политех. ин-т. — 1981. — С. 15—21. [2]. Келлер Э. А. Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил // Лесн. журн. — 1988. — № 6. — С. 120—123. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 января 1989 г.

УДК 630*323.13 : 630*181.23

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВЕТРА НА ВАЛКУ ДЕРЕВЬЕВ

И. Н. ОЩИПОК

Львовский лесотехнический институт

В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению ветровых нагрузок на рабочие органы машин при их взаимодействии с деревьями в процессе валки. Экспериментально были установлены размерные параметры крон деревьев сосны, произрастающей в равнинных условиях западных областей Украины.

Для определения зависимости между устойчивостью деревьев и силой ветрового напора были приняты следующие допущения: направление ветра неизменно; скорость ветра по высоте постоянна; крона дерева симметрична его оси; давление ветра перпендикулярно проекции надземной части дерева на вертикальную плоскость; площадь лобовой поверхности дерева (S , м²) не зависит от скорости ветра.

Расчетная ветровая нагрузка (P_w , Н) на участок лобовой поверхности дерева может быть вычислена по формуле

$$P_w = \beta K_a Q_p S, \quad (1)$$

где β — коэффициент, учитывающий динамическое воздействие порывов ветра;

K_a — аэродинамический коэффициент, определяемый экспериментально;

Q_p — расчетная сила ветрового напора, Па.

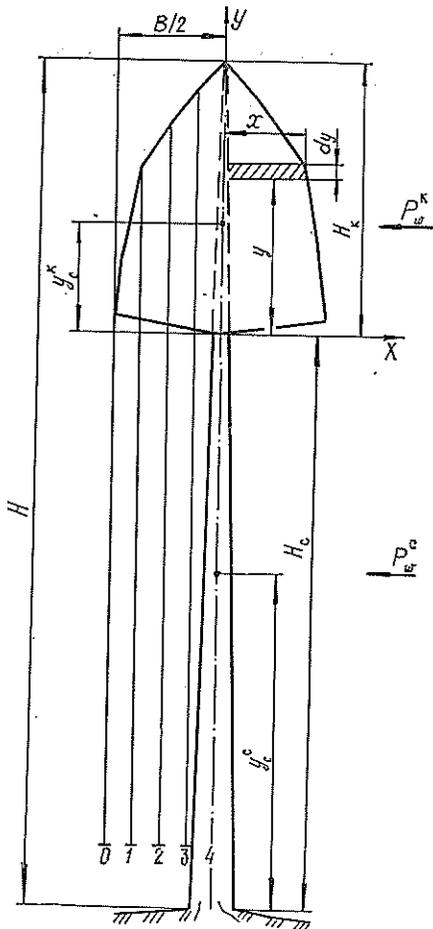
Аэродинамические коэффициенты K_a различны для кроны и ствола дерева. При расчетах принимают для кроны $K_a^k = 1,11$, для ствола $K_a^c = 0,34$.

Сила P_w существенно зависит от геометрических параметров дерева, особенно от площади лобовой поверхности кроны.

В литературе приводятся эмпирические зависимости для определения площади миделевого сечения кроны. Но они не всегда обеспечивают необходимую точность, поскольку деревья произрастают в различных природно-климатических условиях, что влияет на развитие кроны.

Площадь миделевого сечения кроны с достаточной точностью можно найти аналитически, зная уравнение кривой, описывающей контур поверхности кроны дерева. Такое уравнение можно вывести, имея достаточное количество экспериментальных данных для исследуемого района произрастания леса.

Для получения уравнения контура кроны могут применяться различные способы. Надежные данные можно получить, измеряя крону дерева, спиленного с корня. Однако практический интерес вызывает ветровая нагрузка, действующая на растущие деревья. Для измерения размеров крон растущих деревьев могут быть использованы различные высоотомеры. Большую точность и возможность измерить размеры крон многих растущих деревьев с одной станции дает применение геодезических инструментов, в частности теодолита.



Размеры кроны деревьев сосны третьего разряда высот определяли в Бродовском лесхоззаге Львовской области. Крону разбивали на четыре равных (по ширине) участка (см. точки 0, 1, 2, 3, 4 на рисунке) и соответственно этим точкам измеряли ее высоту высоотомером Уткина. Число участков может изменяться в зависимости от размеров кроны и точности инструмента.

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение контура кроны дерева сосны вида

$$X = a + by + cy^2, \quad (2)$$

где a, b, c — регрессионные коэффициенты уравнения;
 y — ордината точки пересечения контура кроны с вертикальной плоскостью секущей ее, м.

Регрессионные коэффициенты уравнения (2) приведены в табл. 1.

Имея уравнения кривой (2), определим площадь лобовой поверхности кроны. Так как

$$S_k = \int_0^{H_k} X dy = \int_0^{H_k} (a + by + cy^2) dy,$$

то

$$S_k = aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3, \quad (3)$$

где H_k — высота кроны дерева, м.

Площадь лобовой поверхности бессучковой зоны ствола находим как площадь трапеции с основаниями D (диаметр комля) и d (диаметр ствола в основании кроны):

$$S_c = \frac{D+d}{2} H_c, \quad (4)$$

где H_c — высота ствола до основания кроны, м.

Расчетную силу ветрового напора определим по формуле

$$Q_p = 0,5\rho V^2, \quad (5)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м^3 , при атмосферном давлении $B_0 = 101,3 \text{ кПа}$ и температуре $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $\rho = 1,23 \text{ кг/м}^3$;

V — скорость воздушного потока, м/с.

Ветровая нагрузка P_w на дерево состоит из нагрузок, действующих на крону (P_w^k) и на бессучковую зону ствола (P_w^c). Подставив в выражение (1) зависимости (3), (4) и (5), получим:

$$P_w^k = 0,5\beta\rho V^2 K_\alpha^k \left(aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3 \right); \quad (6)$$

$$P_w^c = 0,5\beta\rho V^2 K_\alpha^c \frac{D+d}{2} H_c. \quad (7)$$

Следовательно, полная ветровая нагрузка

$$P_w = P_w^k + P_w^c = 0,5\beta\rho V^2 \left[K_\alpha^k \left(aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3 \right) + K_\alpha^c \frac{D+d}{2} H_c \right]. \quad (8)$$

Таблица 1

Ступени толщины	Регрессионные коэффициенты		
	a	b	c
IV	1,19	-0,09	-0,1
V	3,09	-1,61	-0,3
VI	3,46	-1,98	-0,2
VII	4,03	-1,84	-0,09
VIII	1,48	-0,08	-0,06
IX	1,50	-0,26	-0,01
X	1,98	-0,07	-0,08
XI	1,99	-0,18	-0,04
XII	5,58	-2,41	0,18
XIII	5,92	-2,69	0,22
XIV	6,03	-2,71	0,23

Представим дерево как балку с одним защемленным концом. Силы, действующие от ветровой нагрузки на лобовые поверхности кроны и бессучковой зоны ствола, разместим в их центрах тяжести.

Запишем выражение для определения центра тяжести площади продольного сечения кроны. С учетом допущения симметричности кроны центр ее тяжести располагается на оси Y . Координата центра тяжести кроны

$$y_c^k = \frac{S_x}{S_k}, \quad (9)$$

где S_x — статический момент площади кроны относительно оси x , м³;

S_k — площадь лобовой поверхности кроны, м².

Статический момент S_x найдем интегрированием, выразив статический момент элементарной площадки Xdy (см. рисунок) относительно оси X через $Xydy$:

$$S_x = \int_0^{H_k} Xydy = \int_0^{H_k} (a + by + cy^2) ydy.$$

Отсюда

$$S_x = \frac{aH_k^2}{2} + \frac{bH_k^3}{3} + \frac{cH_k^4}{4}. \quad (10)$$

Подставляя выражения (3) и (10) в (9), после несложных математических преобразований найдем координату y_c^k :

$$y_c^k = \frac{1}{4} \frac{6a + 4bH_k + 3cH_k^2}{3a/H_k + 1,5b + cH_k}. \quad (11)$$

Координата центра тяжести площади лобовой поверхности бессучковой зоны ствола (как трапеции)

$$y_c^c = \frac{H_c}{3} \frac{D + 2d}{D + d}. \quad (12)$$

Имея все необходимые данные, определим изгибающий момент от сил ветровой нагрузки у комля дерева:

$$M_w = P_w^k (H_c + y_c^k) + P_w^c y_c^c. \quad (13)$$

Используя выражения (6), (7), окончательно получим:

$$M_w = 0,5\beta_{px} V^2 [K_\alpha^k F_k (H_c + y_c^k) + K_\alpha^c F_c y_c^c], \quad (14)$$

где α — коэффициент, учитывающий упругость корневой системы дерева.

Таблица 2

Сила ветра	P_w, H	$M_w, \text{H} \cdot \text{м}$
Слабый ($Q_p = 122,5 \text{ Па}$)	128,5	2 092
Умеренный ($= 257,8 \text{ Па}$)	270,4	4 404
Свежий ($Q_p = 441,2 \text{ Па}$)	462,8	7 535

Коэффициент κ можно приближенно принять равным единице при заготовке леса современными валочными машинами, так как ветровая нагрузка воспринимается не корневой системой дерева, а захватно-срезающим устройством машины.

Для лесозаготовительных машин наибольшая опасность создается в случае мгновенного нарастания силы ветра, характеризующегося максимальным значением динамического коэффициента порыва $\beta = 1,91$. При этом, даже при небольших значениях силы ветрового напора, значение P_w будет достаточно велико, и им нельзя пренебречь.

На основании изложенного были определены значения P_w и M_w для следующих данных: диаметр дерева на высоте груди $d_{1,3} = 30$ см, высота дерева $H = 21$ м, ширина кроны $B = 4$ м, $H_k = 5$ м, $\beta = 1$. Результаты расчетов приведены в табл. 2. Из нее следует, что даже при слабом ветре изгибающий момент достигает значительных величин и способен привести к существенному увеличению нагрузок на рабочие органы лесозаготовительных машин.

Поступила 27 декабря 1989 г.

УДК 629.114.45

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ ПО БЕЗДОРОЖЬЮ

В. Д. ЕСАФОВ, Н. Н. СМИРНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для перевозки леса в настоящее время применяют колесные, гусеничные или смешанные поезда, включающие в себя тяговые и прицепные единицы. Недостатком таких транспортных систем является ограничение установочной мощности двигателя по сцеплению движителя тяговой машины с дорогой. Например, при движении системы по снежной целине сопротивление движению возрастает, а сцепление колес или гусениц с верхним покрытием трассы резко снижается. При движении по гладкому ледяному покрытию рек и озер использовать снижение сопротивления перемещению транспортной системы не удастся из-за буксования движителя тяговой единицы*.

Рассмотрим транспортную систему, состоящую из тяговой и прицепной единицы. Сила тяги по сцеплению тягача с дорогой P_φ :

$$P_\varphi = mg\varphi, \quad (1)$$

где m — масса тяговой единицы;
 g — ускорение свободного падения;
 φ — коэффициент сцепления движителя тягача с дорогой.

Касательная сила тяги машины по мощности двигателя находится по известной формуле механики

$$P_\tau = \frac{10^3 N_e}{V} \eta_{тр}, \quad (2)$$

где N_e — эффективная мощность двигателя;
 V — скорость движения транспортной системы;
 $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии.

* Есафов В. Д., Есафова З. Я., Жигалов А. М. Преимущества импульсной транспортной системы при движении по бездорожью // Лесн. журн.—1987.— № 5.— С. 40—44.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Для реализации силы тяги по мощности двигателя необходимо выполнение условия: $P_{\varphi} \geq P_{\tau}$. После подстановки и преобразований имеем

$$m \geq \frac{10^3 N_e}{g \varphi V} \eta_{\text{тр}}. \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), для реализации силы тяги по мощности двигателя приходится искусственно завышать сцепную массу тяговой единицы.

При движении транспортной системы по бездорожью коэффициент сцепления варьирует в широком диапазоне, поэтому высока вероятность буксования тягача на отдельных участках трассы. Вместе с тем, значительно увеличивается сила сопротивления F_c перекачиванию транспортной системы в целом, например, при движении ее по снежной целине или болотистой местности:

$$F_c = [m + m_{\text{гр}}(1 + \nu + \mu)] g f_1. \quad (4)$$

Здесь f_1 — коэффициент сопротивления качению транспортной системы;

$m_{\text{гр}}$ — масса груза;

$$\nu = \frac{m_{\phi}}{m_{\text{гр}}}; \quad \mu = \frac{n m_{\tau}}{m_{\text{гр}}},$$

где m_{ϕ} — масса грузовой платформы;

m_{τ} — масса тележки;

n — число тележек.

При ускоренном движении системы имеем $P_{\varphi} > F_c$, отсюда с учетом уравнений (1) и (4) получим:

$$m > \frac{(1 + \nu + \mu) f_1}{\varphi - f_1} m_{\text{гр}}. \quad (5)$$

Формула (5) еще раз подтверждает необходимость увеличения массы тяговой машины. Так, при $\varphi = f_1$, $m > \infty$, т. е. тягач не только не сможет перевозить груз, но и сам утратит проходимость.

Значение потребной мощности привода можно получить совместным решением уравнения (3) и (5)

$$N_e = \frac{\varphi f_1 g V (1 + \nu + \mu)}{10^3 \eta_{\text{тр}} (\varphi - f_1)} m_{\text{гр}}. \quad (6)$$

Для повышения проходимости системы используют активные полуприцепы и прицепы. Это значительно усложняет конструкцию.

Реализация крутящего момента на ведущих колесах прицепа, при движении по слабым грунтам, вызывает срезание верхнего покрова земли и приводит к погружению колес в грунт; система теряет подвижность.

В данной работе предлагается использовать для активного прицепа импульсный движитель, что позволит обеспечивать движение транспортной системы в трудных условиях. Колеса такого прицепа будут выполнять роль опорных катков, что приведет к снижению поврежденный грунта и увеличению проходов системы по одному следу.

На рис. 1 показана модель транспортной системы для перевозки крупногабаритных грузов с использованием импульсного движителя прицепа. Система состоит из тяговой единицы, оснащенной гидравлической станцией, и шарнирно закрепленной несущей рамы, опирающейся на тележки.

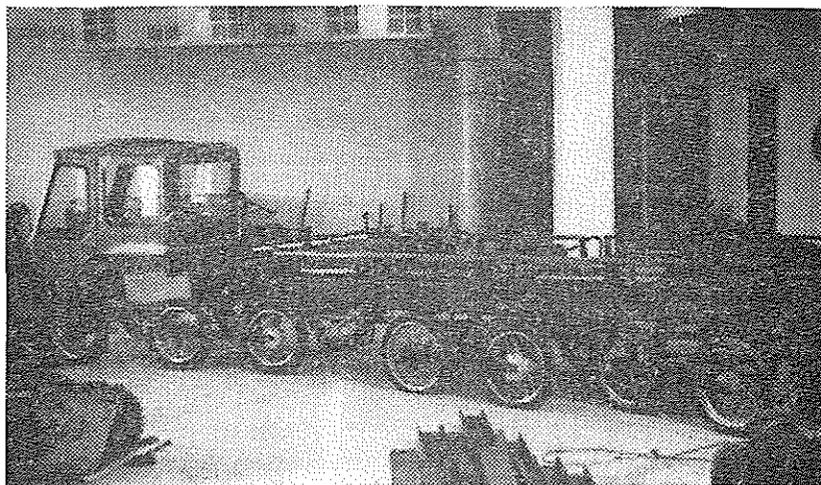


Рис. 1

Схема сочленения тележки с рамой дана на рис. 2. Несущая рама 1 может перемещаться относительно тележки за счет силового гидроцилиндра 2, установленного между рамой и кареткой 3 с роликовой дорожкой. Балансир тележки 6 шарнирно связан с кареткой посредством реактивной тяги 4 и гидродемпфера 5. Гидродемпферы тележек объединены в две группы по принципу сообщающихся сосудов по обе стороны несущей рамы, что позволяет сохранять положение платформы близким к горизонтальному при прохождении неровностей и обеспечивает равномерность распределения нагрузки на все колеса тележки, независимо от их положения.

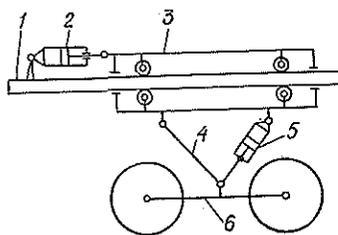


Рис. 2

Транспортная система работает следующим образом. При движении по хорошей дороге или под уклон система работает по обычной схеме, т. е. перемещается за счет касательной силы тяги, приложенной к ведущим колесам тягача. При движении по бездорожью, ледяному покрову или по крутому подъему дороги тяговая единица превращается в пассивную тележку с ведомыми колесами.

При трогании с места включаются в работу силовые гидроцилиндры, и тягач движется, увлекая за собой рамой с грузом. Они перемещаются по «роликовой дорожке», опорные тележки в это время неподвижны. В дальнейшем, за счет последовательного включения гидроцилиндров, тележки поочередно подтягиваются к тяговой единице. Движение системы может быть как дискретным, так и непрерывным. Это зависит от состояния трассы и мощности гидропривода.

В случае дискретного движения при перемещении тягача с грузовой платформой (тягач работает как пассивная тележка)

$$F_c = [mf_1 + m_{rp}(1 + \nu) f] g; \quad (7)$$

$$P_\varphi = m_{rp}(1 + \nu + \mu) g\varphi, \quad (8)$$

где f — коэффициент сопротивления перемещению платформы по роликам,

Решая совместно уравнения (7) и (8) при $P_{\varphi} > F_c$, получим:

$$m < \frac{m_{\text{гр}}}{f} [(1 + \nu)(\varphi - f) + \mu\varphi]. \quad (9)$$

Таким образом, при импульсном движении системы масса тяговой единицы должна быть, по возможности, меньшей. Мощность двигателя при дискретном движении системы принципиально может быть весьма малой, так как в данном случае легко выполняется «золотое» правило механики: «проиграл в скорости — выиграл в силе».

Масса транспортируемого груза теоретически не ограничена, в чем легко убедиться с помощью основного закона механики:

$$m_{\text{гр}} = \frac{F_{\text{н}} - m(a + f_1g)}{(1 + \nu)(a + fg)}, \quad (10)$$

где $F_{\text{н}}$ — усилие в гидроцилиндре;
 a — ускорение в движении груза.

Предлагаемая нами транспортная система с успехом может быть использована для прямой вывозки леса без веток и усов в условиях делянки, для перевозки крупногабаритных грузов в условиях пустынь и полупустынь, тундры, а также при движении по ледяному и снежному покрытию. При движении по бездорожью колеса можно оборудовать гусеницей, при движении по снежной целине — санными полозьями.

Тяговые усилия в гидроцилиндрах и скорость движения системы регулируются автоматически в зависимости от качества опорной поверхности.

Поступила 8 января 1990 г.

УДК 630*383.2.001.2

О РАСЧЕТЕ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

Участки зимних лесовозных автомобильных дорог, проходящие по болотам, имеют в основании слой мерзлого торфа, на который может быть уложен бревенчатый настил (сплошной или прореженный) и устроена насыпь из минерального грунта. Методы расчета таких оснований приведены в работах [2—4] и ряде других. Они рассматривают основание как плиту (балку), лежащую на упругом полупространстве, обладающем винклеровскими свойствами.

Существенной особенностью слоя мерзлого торфа является то, что его физико-механические свойства (в частности модуль упругости) зависят от температуры торфа [1] и вида деформации (сжатие или растяжение). Модуль упругости по глубине основания изменяется от некоторого максимального значения до величины модуля упругости талого торфа. В существующих методах расчета эта особенность учитывается приблизительно, что отражается на их точности.

Для исследования напряженно-деформированного состояния изгиба плиты (балки) с переменным модулем упругости по ее толщине необходимо знать положение нейтральной оси и характер распределения напряжений в поперечном сечении. Методика решения такой задачи рассмотрена в настоящей статье с учетом анизотропных свойств мерзлого торфа на сжатие и растяжение. При составлении расчетных зависимостей использована общепринятая гипотеза плоских сечений.

Схема поперечного сечения плиты приведена на рис. 1. Нейтральная ось $x-x$ делит сечение толщиной H на две части высотой H_1 и H_2 . Примем далее, что верхняя часть сжата, нижняя растянута. Модуль упругости сжатой части обозначим E , растянутой E' . Так же будем различать (без штриха или со штрихом) остальные характеристики для этих частей.

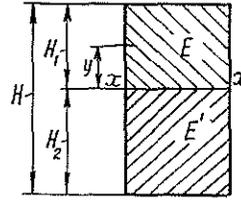


Рис. 1. Схема поперечного сечения плиты

Для линейной (по напряжениям) задачи

$$\sigma_y^1 = E \frac{y}{\rho}, \quad (1)$$

где ρ — радиус кривизны;

y — расстояние от нейтральной оси до произвольного волокна сечения.

Положение нейтральной оси находим из условия

$$\int_F \sigma dF = 0, \quad (2)$$

где интегрирование выполняется по всей площади поперечного сечения.

Рассмотрим общий случай, когда модуль упругости материала основания изменяется по высоте сечения по произвольному закону $E = E(v)$, который устанавливается экспериментально (рис. 2, а). Такой закон присущ мерзлым торфам в основании зимних лесовозных дорог [1]. Фактическую эпюру $E = E(v)$ аппроксимируем выражением, удобным для математического решения задачи.

В общем случае применим алгебраический полином четвертой степени вида

$$E = a_0 + a_1 v + a_2 v^2 + a_3 v^3 + a_4 v^4, \quad (3)$$

где v — расстояние от волокна на поверхности балки (плиты) до произвольной точки сечения, $v = H_1 - y$;

a_0, \dots, a_4 — коэффициенты аппроксимации.

В статье рассмотрены также линейная (рис. 2, б) и ступенчатая (рис. 2, в) аппроксимация зависимости $E = E(v)$.

Рассмотрим каждый из приведенных способов и сравним их точность на частном примере.

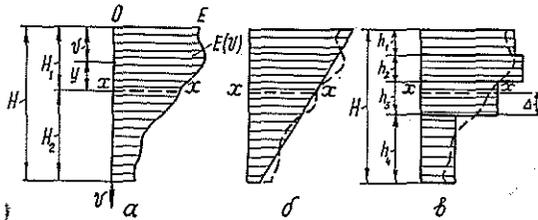


Рис. 2. Эпюры $E(v)$: а — фактическая; б — линейная аппроксимация; в — ступенчатая аппроксимация

Аппроксимация полиномом. Заменим в выражении (3) $v = H_1 - y$ и запишем его по отдельности для сжатой и растянутой части поперечного сечения:

$$E = A_0 + A_1 y + A_2 y^2 - A_3 y^3 + A_4 y^4; \quad (4a)$$

$$E' = A'_0 - A'_1 y + A'_2 y^2 - A'_3 y^3 + A'_4 y^4; \quad (4б)$$

где для сжатой части

$$A_0 = a_0 + a_1 H_1 + a_2 H_1^2 + a_3 H_1^3 + a_4 H_1^4;$$

$$A_1 = a_1 + 2a_2 H_1 + 3a_3 H_1^2 + 4a_4 H_1^3;$$

$$A_2 = a_2 + 3a_3 H_1 + 6a_4 H_1^2;$$

$$A_3 = a_3 + 4a_4 H_1^2; \quad A_4 = a_4.$$

Для растянутой части коэффициенты A'_0, \dots, A'_4 определяют по аналогичным выражениям, используя значения a'_0, \dots, a'_4 в зоне растяжений. На основании уравнения (1) имеем

$$\sigma = \frac{1}{\rho} (A_0 y - A_1 y^2 + A_2 y^3 - A_3 y^4 + A_4 y^5); \quad (5a)$$

$$\sigma' = \frac{1}{\rho} (A'_0 y - A'_1 y^2 + A'_2 y^3 - A'_3 y^4 + A'_4 y^5). \quad (5б)$$

Ввиду анизотропии уравнение (2), используемое для определения положения нейтральной оси, имеет вид

$$\int_F \sigma dF - \int_{F'} \sigma' dF' = 0,$$

а с учетом (5a) и (5б) получаем (выделяя слагаемые для сжатой и растянутой части)

$$\left(A_0 \int_0^{H_1} y dF - A_1 \int_0^{H_1} y^2 dF + A_2 \int_0^{H_1} y^3 dF - A_3 \int_0^{H_1} y^4 dF + A_4 \int_0^{H_1} y^5 dF \right) - \\ - \left(A'_0 \int_0^{H_2} y dF - A'_1 \int_0^{H_2} y^2 dF + A'_2 \int_0^{H_2} y^3 dF - A'_3 \int_0^{H_2} y^4 dF + A'_4 \int_0^{H_2} y^5 dF \right) = 0. \quad (6)$$

Интегралы, входящие в уравнение (6), представляют собой геометрические характеристики поперечного сечения. Первые два интеграла определяют статический момент и момент инерции сжатой или растянутой части сечения относительно нейтральной оси. Обозначим их соответственно S_x, S'_x, I_x и I'_x . Остальные интегралы являются новыми геометрическими характеристиками сечения. Обозначим их по порядку B_{1x}, B_{2x}, B_{3x} и, соответственно, $B'_{1x}, B'_{2x}, B'_{3x}$. При вычислении интегралов для растянутой части сечения значение H_2 должно быть отрицательным.

С учетом изложенного уравнение (6) примет вид

$$(A_0 S_x - A_1 I_x + A_2 B_{1x} - A_3 B_{2x} + A_4 B_{3x}) - \\ - (A'_0 S'_x - A'_1 I'_x + A'_2 B'_{1x} - A'_3 B'_{2x} + A'_4 B'_{3x}) = 0. \quad (7)$$

После определения положения нейтральной оси, т. е. H_1 и H_2 , с помощью уравнений (5a) и (5б) легко построить эпюры распределения напряжений по глубине основания.

Линейная аппроксимация является частным случаем параболической, поэтому расчетные выражения имеют вид:
для определения напряжений

$$\sigma = \frac{1}{\rho} (A_0 y - A_1 y^2); \quad (8a)$$

$$\sigma' = \frac{1}{\rho} (A'_0 y - A'_1 y^2); \quad (8б)$$

для определения положения нейтральной оси

$$(A_0 S_x - A_1 I_x) - (A'_0 S'_x - A'_1 I'_x) = 0. \quad (9)$$

Ступенчатая аппроксимация. Расчетные зависимости для определения положения нейтральной оси зависят от значений модулей упругости отдельных слоев. Нейтральная ось может проходить по любому слою. Определяя ее положение в слое с помощью величины Δ , которая отсчитывается от его нижней границы, для схемы на рис. 2, в получим:

нейтральная ось проходит по первому слою ($0 \leq \Delta \leq h_1$):

$$(E_1 - E'_1) \Delta^2 - 2(E_1 h_1 + E'_2 h_2 + E'_3 h_3 + E'_4 h_4) \Delta + E_1 h_1^2 - E'_2 h_2^2 - E'_3 h_3^2 - E'_4 h_4^2 - 2E'_3 h_2 h_3 - 2E'_4 h_4 (h_2 + h_3) = 0; \quad (10a)$$

нейтральная ось проходит по второму слою ($0 \leq \Delta \leq h_2$):

$$(E_2 - E'_2) \Delta^2 - 2(E_1 h_1 + E_2 h_2 + E'_3 h_3 + E'_4 h_4) \Delta + E_1 h_1^2 + E_2 h_2^2 - E'_3 h_3^2 - E'_4 h_4^2 + 2E_1 h_1 h_2 - 2E'_4 h_3 h_4 = 0; \quad (10б)$$

нейтральная ось проходит по третьему слою ($0 \leq \Delta \leq h_3$):

$$(E_3 - E'_3) \Delta^2 - 2(E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + E'_4 h_4) \Delta + E_1 h_1^2 + E_2 h_2^2 + E_3 h_3^2 - E'_4 h_4^2 + 2E_1 h_1 (h_2 + h_3) + 2E_2 h_2 h_3 = 0; \quad (10в)$$

нейтральная ось проходит по четвертому слою ($0 \leq \Delta \leq h_4$):

$$(E_4 - E'_4) \Delta^2 - 2(E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + E_4 h_4) \Delta + E_1 h_1^2 + E_2 h_2^2 + E_3 h_3^2 + E_4 h_4^2 + 2E_1 h_1 (h_2 + h_3 + h_4) + 2E_2 h_2 (h_3 + h_4) + 2E_3 h_3 h_4 = 0. \quad (10г)$$

Положение нейтральной оси по уравнениям (10) определяют последовательным их решением, начиная с уравнения (10а). Если значение Δ выйдет за границы диапазона $0 \leq \Delta \leq h_i$, то решают уравнение (10б) и т. д.

Напряжения в каждом слое вычисляют по уравнению (1), используя значения E для соответствующего слоя и отсчитывая координату y от нейтральной оси.

Таким образом, получены аналитические выражения, с помощью которых находят положение нейтральной оси и нормальные напряжения в поперечном сечении основания зимней дороги. Аналогично можно рассчитать касательные напряжения, но эта задача в данной статье не рассматривается.

Для слоистого дорожного основания (например минеральный грунт, настил из древесины, слой мерзлого торфа) при определении положения нейтральной оси допустимо сочетание различных способов аппроксимации эпюры $E = E(v)$.

Пример расчета. Основание зимней лесовозной дороги состоит из слоя мерзлого торфа прямоугольного поперечного сечения толщиной $H = 90$ см. Схема разбивки основания на слои с указанием их модулей упругости показана на рис. 3. Для простоты предположим, что мерзлый торф является изотропным, т. е. $E = E'$. Коэффициенты аппроксимирующих уравнений: для уравнения (3) $a_0 = 0,5472$, $a_1 = 114,0371$, $a_2 = -4,2920$, $a_3 = 0,0554$, $a_4 = -0,00024$; для линейного уравнения $a_0 = 948,7030$, $a_1 = -10,5411$.

Результаты решения: при аппроксимации уравнением (3) $H_1 = 33,53$ см, при линейном уравнении $H_1 = 30,00$ см. Для ступенчатой аппроксимации получено: по уравнению (10а) $\Delta = -10,25$ см, по уравнению (10б) $\Delta = -0,59$ см, по уравнению (10в) $\Delta = 19,41$ см. Так как в последнем случае условие $0 < \Delta < 20$ см выполняется, то нейтральная ось проходит в третьем слое и $H_1 = 30,59$ см.

Таким образом, для всех трех способов аппроксимации результаты определения H_1 близки, и можно считать, что они практически сов-

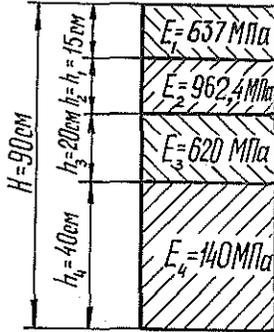


Рис. 3. Схема разбивки грунтового основания на слои

(МКЭ) с учетом зависимости модуля упругости торфа от его температуры. Этот метод не требует применения каких-либо гипотез относительно особенностей деформаций грунтового массива.

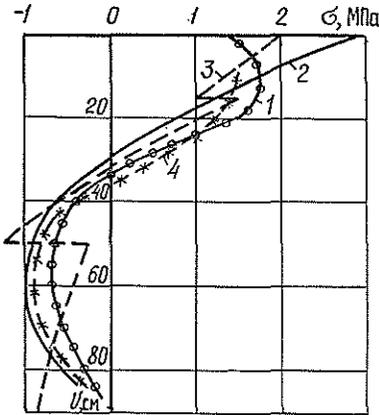


Рис. 4. Эпюры напряжений: 1 — аппроксимация полиномом; 2 — линейная аппроксимация; 3 — ступенчатая аппроксимация; 4 — метод конечных элементов

падают. Эпюры напряжений, построенные для условного радиуса кривизны $\rho = 1000$ см, приведены на рис. 4. В целом для всех способов аппроксимации эпюры имеют одинаковый качественный характер и обладают общей закономерностью. Отметим, что эпюры напряжений являются криволинейными (в одном случае ломаной), т. е. гипотеза плоских сечений в данном случае выполняется не полностью.

Напряженно-деформированное состояние оснований зимних дорог из мерзлого торфа нами было исследовано и с помощью метода конечных элементов

Результаты расчетов по МКЭ показали, что массив мерзлого торфа деформируется как плита (балка) на упругом основании, так как значения осадок по вертикали отдельных слоев в пределах точности расчета совпадают. На рис. 4 кривая 4 изображает эпюру напряжения σ , построенную с помощью МКЭ. Она соответствует эпюрам, полученным для модели основания дороги в виде плиты. Это также подтверждает допустимость применения постулированной выше гипотезы плоских сечений при исследовании напряженно-деформированного основания из мерзлого торфа.

Изменение деформационного состояния. Так как момент в любом поперечном сечении

$$M = \int_F y \sigma dF \quad (11)$$

или (для анизотропного материала)

$$M = \int_F y \sigma dF - \int_{F'} y' \sigma' dF', \quad (12)$$

то, используя, например, выражения (5), получим для прямоугольного поперечного сечения шириной b :

$$M = \frac{b}{\rho} \int_0^{H_1} (A_0 y + \dots + A_4 y^5) dy - \int_0^{-H_2} (A'_0 y + \dots + A'_4 y^5) dy. \quad (13)$$

Если вынести постоянные множители за знак интеграла

$$M = \frac{b}{\rho} \left[A_0 \int_0^{H_1} y dy + \dots + A_4 \int_0^{H_1} y^5 dy - A'_0 \int_0^{-H_2} y dy - \dots - A'_4 \int_0^{-H_2} y^5 dy \right], \quad (14)$$

то каждый из них будет являться определенной геометрической характеристикой поперечного сечения и может быть сравнительно просто вычислен.

Назовем выражение

$$b \left[A_0 \int_0^{H_1} y dy + \dots + A_4 \int_0^{H_1} y^3 dy - A'_0 \int_0^{-H_2} y dy - \dots - A'_4 \int_0^{-H_2} y^3 dy \right] = \\ = (EI)_{об}$$

обобщенной жесткостью поперечного сечения плиты (балки), тогда:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{(EI)_{об}} \quad (15)$$

Таким образом, исследование деформационного состояния анизотропной (на растяжение и сжатие) плиты (балки) на упругом основании выполняется по обычным методам строительной механики с использованием обобщенной жесткости поперечного сечения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Морозов В. С. Промерзание зимних дорог на болотах // Лесн. журн.— 1989.— № 4.— С. 51—56.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Строительство промышленных сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко.— М.: Недра, 1980.— 144 с. [3]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах // Лесн. журн.— 1982.— № 6.— С. 49—55.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах с поперечным настилом // Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 43—47.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 4 июля 1989 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.04

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ ИСПАРЕНИЯ
НА ТЕПЛООБМЕН ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ

(на примере древесины)

Г. С. ШУБИН, А. В. ЧЕМОДАНОВ

Московский лесотехнический институт

Известно, что при взаимодействии тела со средой их температура в принципе неодинакова. Изменение температуры и других параметров происходит в тонком поверхностном слое, называемом пограничным. При сушке одновременно возникают гидродинамический (скоростной), тепловой и диффузионный пограничные слои, толщины которых изменяются вдоль пластины, взаимосвязаны и зависят одна от другой; вследствие этого решение уравнения любого из пограничных слоев связано с решением всей системы уравнений.

Для практических целей сушки использовать уравнения пограничного слоя затруднительно. Поэтому экспериментальные данные по теплообмену, в том числе и при сушке, обрабатывают по правилам теории подобия.

Коэффициент теплообмена α при вынужденном движении газа получают из числа Нуссельта Nu на основании критериального уравнения

$$Nu = f(Re, Pr). \quad (1)$$

Здесь $Nu = \frac{\alpha}{\lambda} l$ (λ — коэффициент теплопроводности в пограничном слое; l — размер тела в направлении движения газа);

$Re = \frac{\omega l}{\nu}$ — критерий Рейнольдса (ω — скорость движения газа; ν — кинематическая вязкость газа в пограничном слое);

$Pr = \frac{\gamma}{\alpha}$ — число Прандтля (α — коэффициент теплопроводности в пограничном слое).

Для определенного газа (например, воздуха) число Прандтля постоянно, и зависимость (1) принимает вид:

$$Nu = c Re^n. \quad (2)$$

Результаты работ по теплообмену при сушке публиковались одним из авторов данной статьи [20—23], начиная с 1958 г. (в 1969 г. появилась работа В. А. Кныша по теплообмену при сушке шпона).

Практически все экспериментальные данные удовлетворительно описываются уравнением

$$Nu = 0,072 Re^{0,8}, \quad (3)$$

на основании которого построены графики зависимости $\alpha = f(\omega, t_c)$ [4].

В процессе сушки образуется поперечный поток массы, влияние которого на теплообмен оценивают в литературе по-разному. В соот-

ветствии с теорией [17, 19], испарение, как и вдув газа в пограничный слой, уменьшает коэффициент теплообмена. Опыты по пористому вдуву доказывают это положение [2, 4, 10, 14].

Ряд авторов [1, 3, 12, 13, 15, 16] отмечают, что коэффициент теплообмена возрастает по сравнению с «сухим» теплообменом. Эта ситуация хорошо известна специалистам и в разное время вызывала дискуссии, в которых высказывались различные предположения о влиянии массообмена на теплообмен.

Для учета этого влияния в уравнение (1) был введен [13] термодинамический параметр Гухмана Gu

$$Gu = \frac{t_c - t_m}{T_c}, \quad (4)$$

где t_c , T_c — температура среды;
 t_m — температура предела охлаждения.

А. В. Нестеренко [12] на основании обработки опытных данных ряда авторов по испарению воды и бензола получил уравнение

$$Nu = c Re^n Pr^{0,33} Gu^{0,175}, \quad (5)$$

в котором c и n имеют следующие значения: при $Re = 3,15 \cdot 10^3 \dots 2,2 \cdot 10^4$ $c = 0,51$, $n = 0,61$, а при $Re = 2,2 \cdot 10^4 \dots 3,15 \cdot 10^5$ — соответственно 0,027 и 0,9.

В работе [6] отмечено, что интенсивность испарения с поверхности жидкости и сушки с поверхности тела (желатин, глина, кожа, кирпич) в периоде постоянной скорости при одних и тех же условиях одинакова. Расчеты по выражению (5) дают более высокие значения Nu , чем при сухом теплообмене, и с повышением интенсивности испарения (со снижением критерия Gu) они возрастают.

Один из авторов настоящей статьи в опытах по сушке (древесина) получил (при введении чисел Pr и Gu соответственно в степени 0,33 и 0,175, как это вытекает из работы [12]) критериальное уравнение [20]

$$Nu = 0,106 Re^{0,8} Pr^{0,33} Gu^{0,175}, \quad (6)$$

где диапазон изменения чисел $Re = 10\,000 \dots 106\,300$.

Экспериментальные точки, по которым получено это уравнение, укладываются в зону разброса точек уравнения (5) и получающиеся из (6) значения чисел Nu , естественно, также превышают значения Nu при сухом теплообмене. Нет оснований сомневаться в надежности данных экспериментов по теплообмену при испарении и сушке, приведенных нами и другими авторами. Причины расхождения при вдуве инертных газов в пограничный слой следует искать в чем-то ином.

Теплообмен при сушке капиллярно-пористого тела имеет специфику по сравнению с теплообменом как при вдуве в пограничный слой, так и с сухим и в меньшей мере — с теплообменом при испарении с открытой поверхности жидкости [5]. Выводы, вытекающие из сопоставления коэффициентов сухого теплообмена, исчисляемого по отношению к поверхности тела, и теплообмена при испарении и сушке, не вполне правомерны, хотя и нашли отражение в литературе. В случае принудительного поперечного потока пограничный слой, утолщаясь, уменьшает коэффициент теплообмена. При испарении (диффузионный процесс под влиянием разности концентрации) также образуется поперечный поток, который должен уменьшать α .

Действительно, как показано в работе [24], при одинаковом параметре вдува $f\omega$ испарение даже более эффективно в смысле теплозащиты по сравнению с принудительным потоком. В работах [1, 8, 9, 16]

показано, что при сушке капиллярно-пористого тела поверхность испарения может углубляться внутрь. В процессе теплообмена в этом случае участвует слой материала, дифференцированный учет воздействия которого следует рассматривать на базе решения сопряженной задачи. В зависимости от конкретных условий эффективный коэффициент теплообмена может уменьшаться и увеличиваться, так же как и истинная поверхность испарения по сравнению с геометрической.

В поисках объяснения влияния массообмена на теплообмен А. В. Лыков [7] выдвинул гипотезу о частичном выносе капелек жидкости с поверхности в пограничный слой, где также происходит испарение. Предполагаемая причина выноса состоит в механическом увлечении недостаточно прочно связанных с жидкостью некоторых капелек после их конденсации, сопровождающей испарение. Объемное испарение представляет собой, следовательно, отрицательный источник тепла в пограничном слое. Критериальная форма записи учета объемного испарения приведена в работе В. И. Муштаева и др. [11].

Нам известна работа [25], выполненная в Швеции, где эффект выноса был зафиксирован при интенсивной сушке в перегретом паре.

Нами выполнены эксперименты на переносной установке с регулировкой нагрева паровоздушной среды и скорости ее движения. В установку вставляли сырой образец (пластина из древесины толщиной 3,0 мм), из которого испарялась влага. В процессе опыта фиксировали температуру поверхности образца и интенсивность испарения. Для визуализации выносимых в пограничный слой частиц поток над пластиной подсвечивали лучком лазерных лучей (работа выполнена нами на кафедре физики МЛТИ) с регистрацией на кино- и фотоаппаратуре.

Съемки зафиксировали вынос частиц жидкости в пограничный слой, что видно при просмотре киноплёнки. Это же видно и на фотографиях (см. рис. 1, б; $t_c = 80^\circ\text{C}$, $\omega = 2\text{ м/с}$, $\varphi = 0,4$, интенсивность испарения $q' = 0,012\text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$). При обдувании сухой пластинки в тех же условиях и одинаковых температурах поверхности образца выноса частиц обнаружено не было (рис. 1, а).

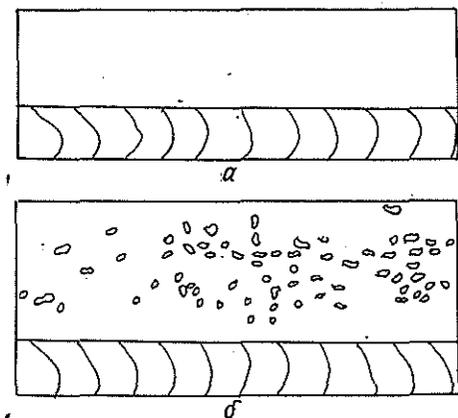


Рис. 1. Область над поверхностью сухой (а) и сырой (б) пластины в лучах лазера

Следовательно, гипотезу о выносе частиц жидкости в пограничный слой при испарении с поверхности капиллярно-пористого тела даже при умеренных интенсивностях можно считать доказанной.

При выносе частиц поверхность испарения увеличивается, теплообмен становится более мощным. Однако истинный коэффициент теплообмена, исчисляемый по эффекту только на поверхности, как отмечалось выше, при этом не увеличивается. Он может уменьшаться по

сравнению с коэффициентом теплообмена между средой и сухим телом или, учитывая небольшую интенсивность поперечного потока, оставаться примерно таким же.

Доказательство гипотезы о выносе частиц жидкости в пограничный слой изменяет ответ на вопрос о величине α и влиянии на него массоотдачи. Действительно, коэффициент α при испарении (сушке) определяется по интенсивности массообмена:

$$\alpha = \frac{q' r_{\phi}}{(t_c - t_n) F_n} \quad (7)$$

в котором t_n обычно равно t_m (r_{ϕ} — теплота испарения).

Очевидно, в случае выноса частиц жидкости в пограничный слой при подстановке в уравнение (7) величины q' (определяющей суммарный эффект испарения в нем и с поверхности тела) искусственно завышается коэффициент теплоотдачи, который при сухом теплообмене определяется по отношению к тепловому потоку на поверхности.

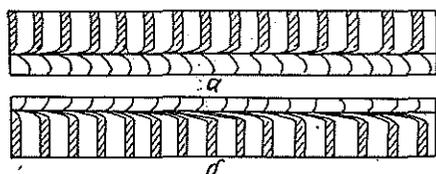


Рис. 2. Интерферограммы области над поверхностью сухой (а) и сырой (б) пластины

С целью проверки влияния испарения при сушке на тепловой пограничный слой, наряду с описанными экспериментами на лазерной установке, при тех же условиях опытов были получены интерферограммы в процессе испарения (сушки) и без испарения (рис. 2) на интерферометре Маха-Цендера фирмы ЛОМО, а также выполнены непосредственные замеры температуры в пограничном слое (рис. 3).

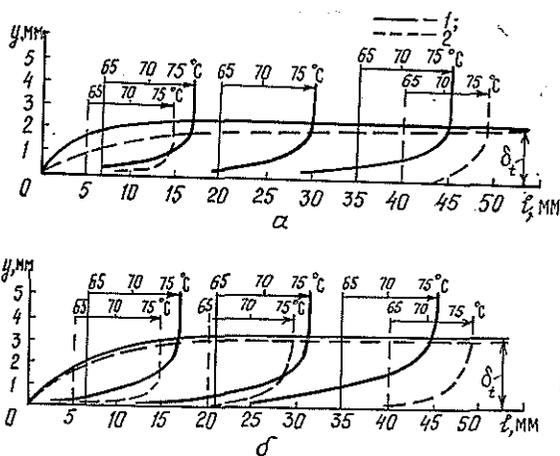


Рис. 3. Профили температуры в пограничном слое сухой (а) и сырой (б) пластины: 1 — по расширениям интерферограмм; 2 — замеры термопарой

Интерферометр настраивали на полосы конечной ширины (см. рис. 2). С целью более надежного получения профиля температур (так-

же наносившегося на рис. 3) по расшифрованным интерферограммам последние обрабатывали по двум схемам: 1) при фиксированном значении координаты по оси абсцисс; 2) по полосам интерферограмм.

Непосредственно температурные поля измеряли с помощью термомпар. Исследуемый поток двумерный, что позволило использовать термомпары со сваренными встык проводами, расположенными в изотермической плоскости. Термомпары перемещали при помощи координатника с микрометрическим винтом в направлении потока и стандартного индикатора положения в поперечном направлении.

Замеры показали, что толщина пограничного слоя при испарении практически не изменилась, в связи с чем коэффициент теплообмена в обоих случаях должен быть примерно одинаковым. В опытах имел место ламинарный пограничный слой (по величине числа Re). Использовали известное решение Э. Эккерта и Дж. Хартнетта (см. [5]). Расчет максимального параметра вдува по условиям опыта (он заведомо превышает расчет потока только с поверхности, который входит в решение задачи упомянутых авторов) дает величину

$$f_{\omega} = \frac{q'}{\rho \omega} \sqrt{Re} = \frac{0,012}{0,972 \cdot 2} 67,47 = 0,041. \quad (8)$$

Здесь число $Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{2 \cdot 0,05}{22,1 \cdot 10^{-4}} = 4525$ (длина пластины в направлении набегающего потока $l = 0,05$ м); значения ν и плотности ρ взяты из работы [18].

При таком параметре вдува коэффициент теплообмена α уменьшается по сравнению с коэффициентом без вдува примерно на 5...6% [5]. Если бы в уравнение (8) была введена величина интенсивности испарения только с поверхности, это уменьшение было бы еще меньше или, вероятнее всего, совсем отсутствовало.

Возникает вопрос, можно ли использовать в расчетах данные по коэффициентам теплообмена, полученные в опытах при сушке материалов. Очевидно, эти коэффициенты, в соответствии с изложенным выше, являются не истинными, а эффективными, расчетными величинами, соответствующими условиям проведенных экспериментов. В аналогичных условиях, определяемых положениями теории подобия, их можно использовать для расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Крылов Б. С., Захаров В. М. Тепло- и массообмен при испарении воды из пористой стенки // Изв. вузов. Энергетика.— 1971.— № 8.— С. 92—97. [2]. Кутателадзе С. С., Леонтьев А. И. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое.— М.: Энергия, 1972.— 341 с. [3]. Лебедев П. Д. Сушка инфракрасными лучами.— М.: ГЭИ, 1953.— 253 с. [4]. Леонтьев А. И., Малышев Д. Д. Анализ процессов трения и теплообмена в бинарном пограничном слое на проницаемой поверхности // Вопросы теплопередачи: Докл. межвуз. семинара.— М., 1977.— С. 115—131.— (Сб. науч. тр. / МЛТИ.— Вып. 102). [5]. Лыков А. В. Тепло- и массообмен: Справочник.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергия, 1973.— 463 с. [6]. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки.— М.; Л.: Госэнергоиздат, 1956.— 464 с. [7]. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах испарения // Инж.-физ. журн.— 1962.— № 11.— С. 12—24. [8]. Лыков А. В., Васильева Г. В. Исследование тепло- и массообмена при испарении жидкости из капиллярно-пористого тела // Инж.-физ. журн.— 1968.— Т. 14, № 3.— С. 395—406. [9]. Михеева Н. С. Исследование механизма сушки влажных материалов // Сб. науч. тр. / МТИПП.— М., 1956.— Вып. 6.— С. 64—77. [10]. Мотулевич В. П. Турбулентный тепло- и массообмен на пластине при пористом отсосе и подаче различных газов // Инж.-физ. журн.— 1963.— Т. 6, № 1.— С. 127—132. [11]. Муштаев В. И., Логунов В. Ф., Тимохин А. С. К вопросу об объемном испарении. Критеральные зависимости для расчета конвективного тепло- и массообмена // Тепло- и массообмен.— VII.— Минск: ИТМО АН БССР.— 1984.— Т. 6. [12]. Нестеренко А. В. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при испарении жидкости со свободной водной поверхности // ЖТФ.— 1954.— Т. 24, вып. 4.— С. 729—741. [13]. Полонская Ф. М.

Тепло- и массообмен в период постоянной скорости сушки // ЖТФ.— 1953.— Т. 23, вып. 5.— С. 802—805. [14]. Романенко П. Н., Харченко В. Н., Семенов Ю. П. Влияние на теплообмен и трение подачи охладителей в турбулентный пограничный слой // Инж.-физ. журн.— 1965.— Т. 9, № 6.— С. 384—390. [15]. Сергеев Г. Т. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в вынужденный поток газа // Инж.-физ. журн.— 1961.— № 2.— С. 77—81. [16]. Смольский Б. М. Внешний тепло- и массообмен в процессе конвективной сушки.— Минск: Белгосуниверситет, 1957.— 205 с. [17]. Теория тепло- и массообмена / Под ред. А. И. Леонтьева.— М.: Высш. школа, 1979.— 496 с. [18]. Теплотехнический справочник.— М.: Энергия, 1976.— Т. 2.— 896 с. [19]. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Пер. с нем. под ред. Л. Г. Лойцянского.— 5-е изд.— М.: Наука, 1969.— 742 с. [20]. Шубин Г. С. О теплообмене в процессе конвективной сушки // Науч. тр. / МЛТИ.— 1969.— Вып. 21.— С. 170—189. [21]. Шубин Г. С. Тепло- и массообмен в процессе высокотемпературной сушки шпона // Лесонженерное дело.— 1958.— № 2.— С. 132—137. [22]. Шубин Г. С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 248 с. [23]. Шубин Г. С. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при высокотемпературной конвективной сушке плоских древесных материалов // Тепло- и массоперенос.— М., 1963.— Т. 4.— С. 186—196. (Материалы I Всесоюз. совещ. по тепло- и массообмену.— Минск, 1961), [24]. Шульман З. П. Исследование конвективного тепломассообмена на поверхности тела произвольной конфигурации при испарительном пористом охлаждении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Минск, 1962.— 24 с. [25]. Malmquist L., Meishner H. Über den Wärmeübergang bei der Konvektion von Holz in Heissdampf // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1964.— Bd. 22.— S. 96—106.

Поступила 12 мая 1989 г.

УДК 630*812 : 630*845.54

ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ ТЕРМООБРАБОТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

К. Ф. ДЬЯКОНОВ, Т. К. КУРЬЯНОВА, В. А. ЩЕКИН

Воронежский лесотехнический институт

Термообработка древесины изменяет ее гигроскопичность, что достаточно полно рассмотрено в ряде трудов [5—7] и хорошо просматривается на графике изменения устойчивой влажности древесины сосны, обработанной при различных температурах в течение 96 ч (см. рис.). Однако оставалось некоторое сомнение в устойчивости приобретенного свойства, так как древесина предназначена для работы в изделиях в течение длительного времени.

Для изучения вопроса группа образцов термообработанной древесины в 1963—1964 гг. была заложена на длительное хранение [2—4].

Нами приведены результаты по определению гигроскопичности древесины сосны и березы спустя 25 лет после ее термической обработки.

Методические условия

1. Определение устойчивой влажности. Образцы древесины размером $20 \times 20 \times 30$ мм выдерживали в комнатных условиях ($t = 20 \pm 2$ °C, $\varphi = 50 \pm 10$ %) и периодически взвешивали. Число образцов на каждый вид испытания — 10 шт.
2. Определение предела устойчивой влажности. После выдержки в комнатных условиях образцы помещали в эксикаторы с концентрированной серной кислотой и выдерживали там 100 дн. Влажность древесины при этом достигала наименьшего значения и была близкой к сухому состоянию. Затем образцы помещали в эксикаторы, но уже над раствором серной кислоты со степенью насыщенности водяных паров, близкой к 100 %, и выдерживали 90 дн, периодически взвешивая. Данные по предельной устойчивой влажности древесины сведены в табл. 1. Результаты экспериментов обрабатывали методами математической статистики, показатель точности не превышал 3 %.

Хотя предельная устойчивая влажность древесины по физическому смыслу близка к пределу гигроскопичности, однако так ее назвать нельзя, так как условия проведения наших опытов не полностью соответствовали условиям установления предела гигроскопичности образцов древесины.

Таблица 1

Устойчивая влажность древесины сосны и березы
после термообработки и 25-летнего хранения

Режим обработки t_c/t_M	Продолжительность обработки, ч	Устойчивая влажность после обработки и выдержки в течение 25 лет, %		Предельная устойчивая влажность после обработки и выдержки в течение 25 лет, %	
		Сосна	Береза	Сосна	Береза
80/45 ($W_{др} = 2 \dots 3 \%$)	6	5,9	4,2	23,8	22,7
	12	5,2	4,2	23,7	23,4
	24	5,8	3,9	24,1	22,6
	48	5,5	4,4	22,6	23,0
	96	5,6	4,0	22,7	22,0
100/65 ($W_{др} = 2 \dots 3 \%$)	6	5,7	4,5	22,9	22,8
	12	5,7	4,4	23,0	23,2
	24	5,8	4,3	22,8	22,7
	48	5,6	4,5	22,6	23,5
	96	5,4	4,3	22,4	21,4
115/82 ($W_{др} = 2 \dots 3 \%$)	6	5,9	4,7	23,0	18,7
	12	5,9	4,6	23,0	22,6
	24	5,4	4,5	21,7	21,1
	48	5,3	4,4	20,5	20,3
	96	5,4	4,2	20,4	20,0
130/98 ($W_{др} = 2 \dots 3 \%$)	6	5,7	4,2	23,5	21,3
	12	5,6	4,0	22,6	21,5
	24	5,1	3,6	22,7	20,2
	48	5,1	3,4	19,9	19,1
	96	5,0	3,2	20,2	18,7
140/98 ($W_{др} = 2 \dots 3 \%$)	6	5,3	3,5	23,3	20,9
	12	5,1	3,4	22,1	20,6
	24	5,1	3,3	21,4	19,2
	48	4,6	3,1	19,7	18,8
	96	4,4	3,0	18,7	16,0

Устойчивая влажность

Анализируя данные табл. 1, следует отметить, что устойчивая влажность термообработанной древесины полностью зависит от температуры и продолжительности процесса нагрева: чем жестче режим обработки, тем ниже влажность. В подтверждение этого из табл. 1 сделаем выборку значений устойчивой влажности и сведем их в отдельные ряды (при продолжительности нагрева в 48 и 96 ч, как наиболее характерной) в табл. 2.

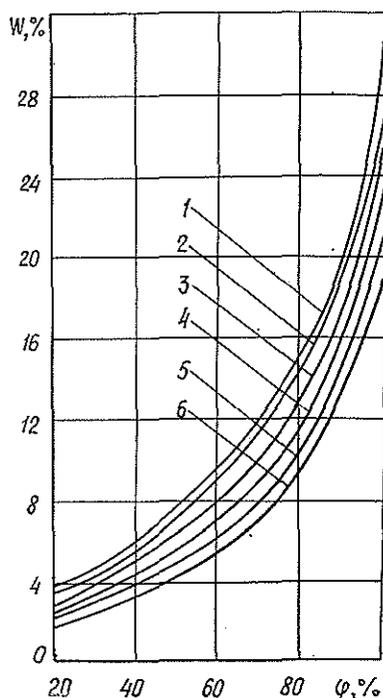
Здесь просматривается постоянное уменьшение устойчивой влажности от роста температуры и продолжительности обработки. Так, для сосны при 48 часовой обработке она уменьшалась от 5,5 до 4,6 %, при 96 часовой обработке — от 5,6 до 4,4 %, а для березы — от 4,4 до 3,1 % и от 4,0 до 3,0 %.

Если сравнить значения устойчивой влажности древесины сосны после термообработки и после атмосферной сушки (см. рис.), то видно, что в комнатных условиях ее влажность должна быть порядка 8...9 %. Снижение гигроскопичности произошло на 50...60 %, что должно привести к уменьшению усушки и разбухания.

Предельная устойчивая влажность

Для наглядности изменения этой величины из табл. 1 проведем выборку значений предельной устойчивой влажности, зависящей от условий обработки (табл. 3). Просматривается также изменение предельной устойчивой влажности в зависимости от температуры обработки.

Зависимость влажности древесины W от степени насыщения водяных паров φ : 1 — при атмосферной сушке древесины; 2 — после термообработки при 80 °С; 3 — 100 °С; 4 — 115 °С; 5 — 130 °С; 6 — при 140 °С. Продолжительность обработки — 96 ч



и ее продолжительности. Наименьшую предельную устойчивую влажность имеет древесина, обработанная при температуре 140 °С в течение 96 ч. Она составляет всего 16,7% для березы и 18,7% для сосны. Наибольшую предельную устойчивую влажность (в пределах 22...23%) имеет древесина сосны и березы, обработанная при 80 и 100 °С.

Таблица 2

Температура обработки, °С	Продолжительность обработки, ч	Устойчивая влажность, %	
		Сосна	Береза
80	48	5,5	4,4
	96	5,6	4,0
100	48	5,6	4,5
	96	5,4	4,3
115	48	5,3	4,4
	96	5,4	4,2
130	48	5,1	3,4
	96	5,0	3,2
140	48	4,6	3,1
	96	4,4	3,0

Таблица 3

Температура обработки, °С	Продолжительность обработки, ч	Предельная устойчивая влажность, %	
		Сосна	Береза
80	48	22,6	23,0
	96	22,7	22,0
100	48	22,6	23,5
	96	22,4	21,4
115	48	20,5	20,3
	96	20,4	20,0
130	48	19,9	19,1
	96	20,2	18,7
140	48	19,7	18,8
	96	18,7	16,0

Древесина атмосферной сушки (см. рис.) имеет предельную устойчивую влажность, близкую к 29%, что больше аналогичного показателя термообработанной древесины примерно на 7...13%.

Продолжительность хранения

Влияние продолжительности хранения термообработанной древесины на устойчивую влажность при комнатных условиях хорошо просматривается на выборке, приведенной в табл. 4. Видно, что приобре-

Таблица 4

Температура обработки, °С (продолжительность обработки 96 ч)	Устойчивая влажность, %							
	после обработки		после хранения, через лет					
	Сосна	Береза	9		23		25	
			Сосна	Береза	Сосна	Береза	Сосна	Береза
80	8,6	7,2	8,5	6,7	5,32	5,64	5,6	4,0
100	7,6	6,9	7,5	6,3	5,4	6,12	5,4	4,3
115	6,8	6,0	7,0	5,5	5,0	4,8	5,4	4,2
130	5,9	5,2	6,2	5,7	4,7	4,2	5,0	3,2
140	5,2	5,1	5,4	4,6	4,4	3,9	4,4	3,0

тенное древесиной свойство снижать гигроскопичность при термообработке со временем не исчезает, а еще более усугубляется. Так, если сосна после обработки при температуре 80 °С имела устойчивую влажность 8,6 %, то через 9 лет она составила уже 8,5 [%], а через 23 года [2—4] — 5,3 % и примерно столько же через 25 лет. А береза при обработке при температуре 140 °С имела влажность 5,1 %, а через 25 лет — только 3,0 %. И так по всем температурным градациям обработки.

Свойство снижать гигроскопичность при хранении древесины относится к сложному биологическому явлению, называемому «старением». В частности, при старении происходит выравнивание влаги по объему самой древесины, и, кроме того, в ней происходят малоизученные внутренние процессы, которые ограничивают процесс поглощения влаги из воздуха — происходит естественная блокировка гидроксильных групп целлюлозы, являющихся центрами адсорбции, и изменение химического состава [1].

Физика процесса старения древесины подлежит изучению. Изделия из выдержанной древесины более формоустойчивы и не коробятся. Этим объясняется, в частности, то, что опытные мастера для изготовления музыкальных инструментов и дорогих изделий выбирают старую, выдержанную древесину. Таким образом, процесс термообработки древесины вызывает снижение ее гигроскопичности. Это снижение тем значительнее, чем выше температура обработки и продолжительнее сам нагрев. Приобретенное древесиной свойство уменьшать гигроскопичность при термообработке необратимо. При длительном ее хранении (до 25 лет) оно не исчезает. При хранении древесины в ней происходят процессы, вызывающие дальнейшее снижение гигроскопичности. Древесина стареет. Выявлено, что степень изменения гигроскопичности термообработанной древесины у разных пород различна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 719870 СССР. Способ ускоренного старения древесины / И. И. Пищик и др.—Опублик. 05.03.80. Бюл. № 9. [2]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Влияние длительного хранения древесины на ее гигроскопичность // Деревообраб. пром-сть.—1973.—№ 10.—С. 15. [3]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Изменение гигроскопичности древесины березы после термообработки и длительного хранения // Изв. вузов. Лесн. журн.—1975.—№ 6.—С. 162—163. [4]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Сорбция термообработанной древесины при длительном хранении // Современные проблемы древесиноведения: Тез. докл. Всесоюз. конф.—Красноярск, 1987.—С. 93—94. [5]. Дьяконов К. Ф., Коноплева Т. М., Молодцова Р. П. Исследование влагопоглощения древесины сосны после гигротермической обработки // Науч. тр.—Архангельск: ЦНИИМОД, 1964.—Вып. 19.—С. 22—25. [6]. Коноплева Т. М., Молодцова Р. П. Влагопоглощение древесины березы после гигротермической обработки // Деревообраб. пром-сть.—1966.—№ 2.—С. 14. [7]. Конопле-

ва Т. М., Молодцова Р. П. Влагопоглощение древесины лиственницы после гигротермической обработки // Деревообаб. пром-сть.— 1967.— № 2.— С. 13.

Поступила 24 ноября 1989 г.

УДК 630*812

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕЛНА XV ВЕКА

Ю. В. ВИХРОВ, П. С. БОБАРЫКО, А. В. ДОРОЖКО,
Л. П. РЫБАЛТОВСКАЯ

Белорусский технологический институт

По просьбе Запорожского краеведческого музея нами определено состояние древесины археологического челна XV века, найденного в Днепре в районе о-ва Хортица вблизи г. Запорожья.

Изучение физико-механических свойств древесины челна важно с целью не только его дальнейшего консервирования, но и получения информации об изменении свойств древесины, долго находящейся в воде.

Основная причина разрушения археологических находок из мокрой древесины при ее высыхании — значительная усадка, в связи с чем возникают большие внутренние напряжения и как следствие — коробление изделия и его растрескивание. Для определения ее образцы после обмера в трех направлениях помещали в сушильный шкаф, где выдерживали при $t = 100 \pm 2$ °С до постоянной массы, и снова обмеряли.

Усадку образца древесины U , %, вычисляли по формуле

$$U = \frac{a_w - a_c}{a_c} 100, \quad (1)$$

где a_w — размер образца в насыщенном водой состоянии, мм;

a_c — размер образца после полного высыхания, мм.

На основании полученных данных установлено, что тангенциальная усушка древесины челна U_τ составляет 139 %, радиальная U_R — 24,6 % и вдоль волокон U_a — 18,8 %.

По данным В. Е. Вихрова [2], коэффициент усушки пойменного дуба K_y (челн, по-видимому, был изготовлен из дуба, произрастающего в пойме Днепра) в тангенциальном направлении составляет 0,304, в радиальном — $K_y = 0,172$. Следовательно, $U_\tau = 0,304 \cdot 30 = 9,12$ %, $U_R = 0,172 \cdot 30 = 5,16$ % (где 30 — предел насыщения клеточных стенок).

Значение U_a для здоровой древесины обычно считается равной нулю (не превышает долей процента).

Значит, тангенциальная усушка увеличилась более чем в 15 раз, радиальная — более чем в 4,5 раза.

Наличие большой продольной усушки, как правило, приводит к появлению поперечных трещин и к «шелушению» древесины, в связи с чем наружные слои отделяются по границе годичного слоя.

Значительное возрастание усушки объясняется деградацией клеточных стенок, особенно вторичных и третичных слоев. В связи с этим значительно возрастает пористость древесины. Об увеличении пористости можно косвенно судить по максимальному водосодержанию древесины. Для определения водосодержания образцы, отобранные из челна, взвешивали с точностью 0,01 г, высушивали до постоянной массы, и повторно взвешивали. Влажность образца древесины W , %, определяли по формуле

$$W = \frac{m_w - m_c}{m_c} 100. \quad (2)$$

Здесь m_w — масса образца в насыщенном водой состоянии;
 m_c — масса образца в абс. сухом состоянии.

На основании проведенных исследований влажность древесины археологического челна составила 435 %. Мы не располагаем данными по максимальной влажности здоровой древесины дуба. Поэтому для подсчета максимальной влажности W_{max} , %, воспользуемся следующей формулой:

$$W_{max} = 30 + \frac{1,53 - \rho_0}{1,53\rho_0} 100, \quad (3)$$

где ρ_0 — плотность древесины в абс. сухом состоянии;
 1,53 — плотность древесного вещества, г/см³;
 30 — влажность при пределе гигроскопичности, %.

Плотность древесины дуба ρ_0 в абс. сухом состоянии составляет 680 кг/м³. Тогда влажность здоровой древесины

$$W_{max} = 30 + \frac{1,530 - 0,680}{1,530 \cdot 0,680} 100 = 112 \%. \quad (4)$$

Таким образом, влажность древесины после деградации возросла почти в 4 раза.

В. А. Борисовым, Ю. В. Вихровым [1] было установлено, что основной фактор, способный более точно характеризовать степень разрушения древесины, — это изменение ее плотности. Для обозначения величины разрушения археологической древесины был введен показатель — степень деградации S , который определяли как отношение разности значений базисной плотности здоровой $\rho_{б.з}$ и базисной плотности археологической $\rho_{б.а}$ древесины:

$$S = \frac{\rho_{б.з} - \rho_{б.а}}{\rho_{б.з}} 100. \quad (5)$$

Базисную плотность использовали потому, что археологическая древесина, имеющая высокую степень разрушения, при высыхании сильно «упрессовывается»: происходит смятие клеточных стенок и закрытие полостей древесных волокон и сосудов, что приводит к завышенным значениям истинной плотности.

Для древесины археологических находок было принято четыре степени деградации: I — снижение плотности от 0 до 20 %; II — от 20,1 до 40 %; III — от 40,1 до 60 %; IV — от 60,1 % и выше.

При определении плотности археологической древесины объем образцов измеряли с помощью ртутного объемомера с точностью до 0,001 см³. После этого образцы высушивали до абс. сухого состояния и определяли их массу с точностью до 0,01 г.

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_{max}} \text{ кг/м}^3, \quad (6)$$

где m_0 — масса образца древесины в абс. сухом состоянии;
 V_{max} — объем образца в насыщенном водой состоянии.

Для археологической древесины дуба базисная плотность составила 200 кг/м³. Для здоровой древесины дуба базисная плотность равнялась 550 кг/м³ [3]. Тогда

$$S = \frac{550 - 200}{550} 100 = 63,6 \%, \quad (7)$$

т. е. древесина челна имеет IV степень деградации.

Важный показатель — изменение прочности древесины. Образцы археологической древесины размером 15 × 15 × 20 мм (последний раз-

мер вдоль волокон) испытывали при сжатии вдоль волокон и в тангенциальном направлении.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон $\sigma_{сж} = 1,2$ МПа, при сжатии поперек волокон $\sigma_{\tau} = 0,35$ МПа. Образцы испытывали в насыщенном водой состоянии, так как испытание их в высушенном состоянии не представлялось возможным в связи с сильным короблением и растрескиванием древесины при сушке.

Согласно данным работы [3], древесина дуба при сжатии вдоль волокон имеет в насыщенном водой состоянии предел прочности 31 МПа. При сжатии поперек волокон прочность для древесины дуба в насыщенном водой состоянии составляет 1/6 от предела прочности при сжатии вдоль волокон [3], т. е. может быть принята равной 5,1 МПа.

Таким образом, предел прочности археологической древесины челна при сжатии вдоль волокон снизился более чем в 26 раз и поперек волокон — почти в 15 раз.

Сводные данные испытаний приведены в таблице.

Основные физико-механические свойства археологической древесины дуба

Древесина	Усушка, %			Предел прочности, МПа		Базисная плотность ρ_6 , кг/м ³	Водосодержание W , %
	Y_{τ}	Y_R	Y_a	σ_a	σ_{τ}		
Археологическая	139	24,6	18,8	1,2	0,35	200	435
Здоровая	9,12	5,16	0	31,0	5,1	550	112
Соотношение между показателями археологической и здоровой	>15	>4,5	—	>26	15	2,7	3,8

Обобщая полученные данные, следует отметить, что в процессе деградации значительно возросла анизотропия усушки. Если для здоровой древесины тангенциальная усушка в 1,5—2 раза больше радиальной, то для археологической она превысила радиальную в 6 раз. Одновременно значительно снизилась прочность археологической древесины, возросло ее максимальное водосодержание, так как повысилась пористость древесины. Это косвенно подтверждает сильное разрушение клеточных стенок древесных волокон и сосудов. Об этом же говорит снижение базисной плотности. При высыхании такая древесина будет сильно коробиться, растрескиваться и в итоге полностью разрушится.

Поэтому возможно два пути сохранения челна: а) выдерживание его в условиях, исключающих высыхание (лучше всего погруженным в воду); б) замещение воды в клеточных стенках древесины консервирующим составом, исключающим изменение размеров древесины при ее высыхании.

Нами был разработан способ консервирования челна, который мы осуществили летом 1985 г. Консервирование прошло успешно. В настоящее время челн находится в Запорожском краеведческом музее.

[1]. Борисов В. А., Вихров Ю. В. // Механ. технология древесины: Респ. межвед. сб.—Минск, 1974.—Вып. 4.—С. 123. [2]. Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба.—М.: Изд-во АН СССР, 1954.—263 с. [3]. Перельгин Л. М., Уголев Б. Н. Древесиноведение.—М.: Лесн. пром-сть, 1971.—282 с.

УДК 674.093

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛАЙН-ФУНКЦИИ

С. Г. ЕЛСАКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В основе автоматизированной системы индивидуального раскроя хлыстов, бревен, брусьев, необрезных досок правильной или неправильной геометрической формы (т. е. имеющих кривизну оси и эллиптичность поперечного сечения) должно лежать математическое и программное обеспечение, достаточно точно описывающее поверхность предмета обработки с любыми возможными геометрическими параметрами и отклонениями от правильной формы.

Почти вся разработанная теория раскроя сырья и, в частности, расчета поставов, строится на представлении бревен в виде усеченного конуса или параболоида вращения. В качестве моделей для описания образующей поверхности древесного ствола (хлыста) использовали уравнения: кубической параболы [5], логарифмической кривой, полинома четвертой степени [6] и др. [3]. Поскольку эти модели основаны на представлении о стабильности формы хлыстов, то коэффициенты полиномов образующей имеют свои значения для каждого бонитета и для каждой породы древесины. Погрешность в вычислении текущих диаметров ствола по полиному четвертой степени в сопоставлении с фактическими замерами составляет до 6...8% [8]. Это приводит к ошибкам при определении схем раскроя хлыста и полученных из него бревен по критерию максимального выхода спецификационных пиломатериалов.

В работе [7] учтено, что хлысты и бревна могут иметь кривизну оси и эллиптичность поперечного сечения, а образующая поверхности может быть аппроксимирована любой из перечисленных выше кривых.

Поперечное сечение представляет собой эллипс, уравнения которого

$$\left(\frac{x-f_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{y-f_2}{b}\right)^2 = 1,$$

где f_1 и f_2 — координаты центра эллипса;
 a и b — размеры полуосей эллипса.

При движении вдоль оси z (проходящей через центры вершинного и комлевого торцев бревна) параметры a , b , f_1 и f_2 будут являться функциями от z : $a = a(z)$; $b = b(z)$; $f_1 = f_1(z)$; $f_2 = f_2(z)$. Ось хлыста может быть представлена уравнением деформированной синусоиды, а бревна — полиномами второго и третьего порядков.

Однако, согласно исследованиям авторов, представление образующих поверхностей бревен и осевой линии многочленами второго и третьего порядков снижает точность модели до 8%. При сложной форме оси хлыста или бревна в случае многоэкстремальной кривизны полиномиальная интерполяция будет давать более значительные погрешности в промежутках между узлами (координатами) оси бревна. С увеличением числа узлов погрешность не только не уменьшается,

но и начинает расти. Использование кусочной интерполяции (когда ее осуществляют по небольшому количеству узловых точек, а затем многочлены объединяют в общую функцию) приводит к разрыву в узлах интерполяции первой производной.

От этих недостатков свободны аппроксимация и интерполяция с помощью сплайн-функций. Сплайн-аппроксимация первого порядка в сущности есть кусочно-линейная аппроксимация. Чаще всего применяют сплайн третьего порядка. Сплайн-функцию можно наглядно трактовать как линию, которую образует гибкая линейка, закрепленная в узлах интерполяции [1].

Рассмотрим преимущества сплайн-функций перед полиномами при описании кривых кромок необрезных досок. Согласно исследованиям А. М. Копейкина [4], доски неправильной формы в зависимости от формы пласти можно разделить на 18 групп, а по видам кромок — на еще большее число групп. Некоторые из них с достаточной точностью можно описать полиномами 3- и 4-го порядков, другие — уравнением деформированной синусоиды, приведенным в работе [4]. Но для большинства из видов кромок такое математическое описание даст значительную погрешность. Использование же кусочной интерполяции приведет к сложности математического аппарата для выполнения процедур, громоздкости массивов коэффициентов каждого участка кривой и разрыву в узлах интерполяции.

При использовании сплайн-функции уравнение кромки доски на каждом отрезке $[z_i, z_{i+1}]$ запишем в следующем виде:

$$f_i(z) = \frac{1}{6h_i} [m_i(z_{i+1} - z)^3 + m_{i+1}(z - z_i)^3] + \frac{1}{h_i} \left[\left(y_i - \frac{m_i h_i^2}{6} \right) (z_{i+1} - z) + \left(y_{i+1} - \frac{m_{i+1} h_i^2}{6} \right) (z - z_i) \right], \quad (1)$$

где z_i — текущая координата длины бревна;
 $h_i = z_{i+1} - z_i$ — шаг интервала;
 $m_i = f''(z_i)$ — коэффициенты кубического сплайна (см. рис. 1).

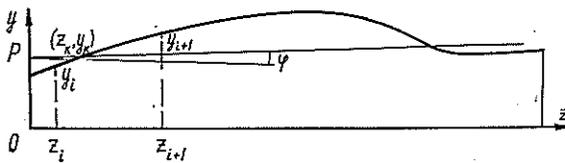


Рис. 1. Расчетная схема определения точек пересечения линии обрезки и кромки необрезной доски, заданной сплайн-функцией

При работе автоматизированного управляющего комплекса снятые системой датчиков координаты кромки доски представляют собой массив координат y_i , помещенный в памяти ЭВМ. Аппроксимируя y_i , получим значения m_i для каждого интервала $[z_i, z_{i+1}]$. Их также сохраним в памяти ЭВМ для выполнения операций по определению точек пересечения линии пропила (обрезки) и кромки необрезной доски (z_k, y_k) , которые находят для каждого интервала $[z_i, z_{i+1}]$ при соблюдении условия $y_{пр} \in [y_i, y_{i+1}]$ решением системы уравнений:

$$\begin{cases} y = f_i(z); \\ y_{пр} = z_i \operatorname{tg} \varphi + b. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь первое уравнение в виде сплайн-функции для каждого интервала выражает верхнюю необрезную кромку доски; второе уравнение — линию пропила (обрезки), расположенную под углом φ к оси z и при $z = 0$ находящуюся на расстоянии p по оси y .

Сплайн-аппроксимацию можно использовать не только в качестве математического аппарата при автоматической оптимизации процесса раскроя, но и в имитационном моделировании этого процесса. С помощью сплайн-функции можно представить ось хлыста, бревна, их образующие и поперечное сечение.

При имитационном моделировании процесса раскроя бревен допустим, что их поперечное сечение — эллипс, т. е. модель бревна запишем в виде:

$$\left(\frac{x_i}{a_i(z)}\right)^2 + \left(\frac{y_i - f_i(z)}{b_i(z)}\right)^2 = 1. \quad (3)$$

Здесь f_i — ось бревна сложной кривизны, расположенная в одной плоскости yz на каждом отрезке $[z_i, z_{i+1}]$. Ее можно представить в виде уравнения (1);

$a_i(z), b_i(z)$ — образующие бревна, изменяющиеся либо линейно (т. е. эллиптический усеченный конус с изогнутой осью), либо полиномом n -го порядка, либо сплайн-функцией при задании массива координат для образующих $a_i(z)$ и $b_i(z)$.

Пользователю имитационной программы необходимо задать некоторое число координат, явно характеризующих ось бревна (или хлыста), т. е. точки экстремума, перегиба, граничные и ряд промежуточных точек, как, например, на рис. 2.

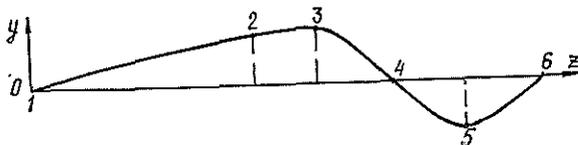


Рис. 2. Схема задания узлов сплайн-функции, явно характеризующих вид линии

Сплайн-аппроксимация обеспечивает высокую точность при малом числе узлов и при широком общем интервале изменения аргумента $[z_1, z_n]$. При задании шага по оси z (им может быть величина градации длины досок) определяют все промежуточные точки оси, т. е. ординаты y_{oi} , соответствующие аппликате z_i . Массив значений координат оси $F(y_{oi})$ сохраняется в памяти ЭВМ и в любой момент может быть использован для выполнения дальнейших процедур по раскрою бревна. Вычислять и хранить в памяти коэффициенты сплайн-функции m_i нет необходимости.

Для проведения исследований по раскрою бревен различной конфигурации предпочтительней создать банк данных координат кривых осей различной формы и по виду кривой обращаться к определенному массиву банка.

В работе [2] подробно описан алгоритм работы оптимизационной модели раскроя бревен неправильной формы по критерию максимального выхода пиломатериалов. Он ориентирован для раскроя бревен с односторонней кривизной, но основные его положения приемлемы и для

бревен со сложной кривизной, с учетом своеобразной геометрической интерпретации.

Таким образом, математическое и программное обеспечение с использованием сплайн-функции позволяет моделировать и производить имитацию раскроя хлыстов, бревен, брусьев и необрезных досок, обладающих любыми произвольными пороками формы. Это обеспечение может лежать в основе автоматизированных систем индивидуальной оптимизации раскроя такого сырья с высокой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗов.— М.: Наука, 1980.— 976 с. [2]. Елсаков С. Г., Калитеевский Р. Е. О раскрое пиловочных бревен неправильной формы // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1990.— № 2.— С. 60—68. [3]. Захаров В. К. Лесная таксация.— М.: Высш. школа, 1961.— 357 с. [4]. Копейкин А. М. Математическое моделирование и автоматизация управления операцией обрезки пиломатериалов: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Минск; 1971.— 23 с. [5]. Менделеев Д. И. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству.— М.: Изд. АН СССР, 1954.— 240 с. [6]. Петровский В. С. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 183 с. [7]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 294 с. [8]. Сухов И. Е. Раскрой хлыстов и сортировка пиловочника на лесопильных предприятиях с целью увеличения выхода пиломатериалов: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Л., 1986.— 20 с.

Поступила 20 февраля 1990 г.

УДК 621.933.6

ПРИМЕНЕНИЕ КРИВОШИПНО-КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА В КАЧЕСТВЕ МЕХАНИЗМА СОГЛАСОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ И ПОДАЧИ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ, Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Шероховатость поверхности пиломатериалов, получаемых на лесопильных рамах, в значительной степени определяется величиной подачи на зуб U_z рамной пилы. На двухэтажных лесопильных рамах, применяемых в промышленности, подача распиливаемого материала задается равномерной и непрерывной. Пилы совершают возвратно-поступательное движение. Использование такой кинетики приводит к неравномерности подачи на зуб при рабочем ходе и скоблению зубьями дна пропила при холостом ходе. В конце рабочего хода пил подача на зуб возрастает и до двух раз превышает среднюю расчетную. Качество пиломатериалов по шероховатости получается низким; на пилы действуют пиковые силы, превышающие средние в 5—8 раз; характерна низкая надежность пил и захватов, интенсивное затупление зубьев пил. Для выравнивания подачи на зуб может быть использован кривошипно-кулисный механизм с вращающейся кулисой, встроенный в механизм подачи [1].

Схема механизма непрерывно-переменной подачи лесопильной рамы приведена на рис. 1. Кривошип кривошипно-кулисного механизма 1 с вращающейся кулисой жестко связан с кривошипом коленчатого вала. При равномерном вращении кривошипа угловая скорость кулисы — переменная, так как ось ее вращения смещена относительно оси вращения кривошипа. От механизма 1 движение через передачи 2, 4 и вращатель 3 (или коробку скоростей) передается на подающие вальцы 5.

Перемещение распиливаемого материала S без учета проскальзывания в вальцах определяли по формуле

$$S = \frac{\varphi_k d_b}{2i}, \quad (1)$$

где φ_k — угол поворота кулисы, рад;
 d_b — диаметр подающих валцов, мм;
 i — передаточное отношение механизмов, расположенных между кулисой и валцами.

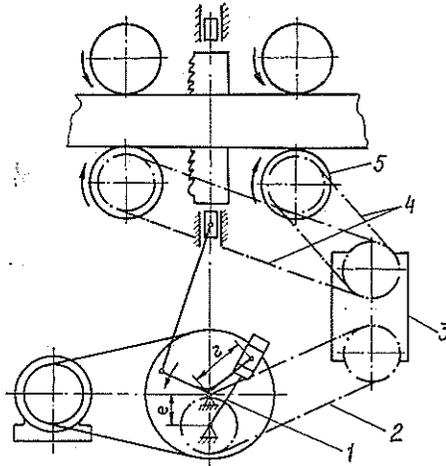


Рис. 1.

Угол поворота кулисы [3]

$$\varphi_k = \operatorname{arctg} \left(\frac{\sin \gamma}{\lambda_k + \cos \gamma} \right). \quad (2)$$

Здесь $\gamma = \alpha + \beta$ — угол поворота кривошипа кривошипно-кулисного механизма, рад;

α — угол поворота кривошипа механизма резания, рад;

β — угол смещения кривошипа кривошипно-кулисного механизма по отношению к кривошипу механизма резания, рад;

$\lambda_k = \frac{e}{r}$ — параметр кривошипно-кулисного механизма;

e — расстояние между осями кривошипа и кулисы, мм;

r — радиус кривошипа, мм.

Для вращающейся кулисы $\lambda_k < 1$, т. е. $e < r$.

Подставив значение φ_k в формулу (1), имеем:

$$S = \frac{d_b}{2i} \operatorname{arctg} \left(\frac{\sin \gamma}{\lambda_k + \cos \gamma} \right). \quad (3)$$

Для расчета изменения подачи на зуб U_z (при перемещении пил из верхней мертвой точки в нижнюю), максимальной подачи на зуб $U_{z \max}$ и величины внедрения зубьев пил в древесину при холостом ходе используем методические положения, изложенные в работе [2].

Рассмотрим два смежных зуба рамной пилы, установленной под углом θ (угол уклона пилы). Угол, на который необходимо повернуть кривошип коленчатого вала лесопильной рамы, чтобы первый зуб переместился на величину y :

$$\alpha_1 = \arccos \frac{R - y}{R}. \quad (4)$$

Угол, на который необходимо повернуть кривошип коленчатого вала рамы, чтобы второй зуб был на уровне первого:

$$\alpha_2 = \arccos \frac{R - y + t \cos \theta}{R}. \quad (5)$$

Перемещение распиливаемого материала при повороте кривошипа на угол α_1

$$S_1 = \frac{d_b}{2i} \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_1 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_1 + \beta)} \right]. \quad (6)$$

Перемещение при повороте кривошипа на угол α_2

$$S_2 = \frac{d_b}{2i} \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_2 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_2 + \beta)} \right]. \quad (7)$$

Подача на зуб

$$U_z = S_1 - S_2 + t \sin \theta. \quad (8)$$

Учитывая, что

$$\frac{d_b}{2i} = \frac{U_{zcp} R}{\pi t} = \frac{\Delta}{2\pi} \quad \text{и} \quad \sin \theta = \frac{y}{2R},$$

и подставив значения S_1 и S_2 в уравнение (8), имеем:

$$U_z = \frac{\Delta}{2\pi} \left\{ \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_1 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_1 + \beta)} \right] - \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_2 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_2 + \beta)} \right] \right\} + \frac{t y}{2R}, \quad (9)$$

где Δ — подача распиливаемого материала за один оборот коленчатого вала лесопильной рамы (посылки), мм;

R — радиус кривошипа коленчатого вала рамы, мм;

t — шаг зубьев рамной пилы, мм;

y — уклон пилы, мм;

$$\alpha_1 = \arccos \frac{R - y}{R}; \quad \alpha_2 = \arccos \frac{R - y + t}{R}.$$

Здесь принято $\cos \theta \approx 1$.

Наибольший эффект от кривошипно-кулисного механизма может быть получен при $\beta = \frac{\pi}{2}$.

На рис. 2 приведены графики, показывающие изменение подачи на зуб U_z за рабочий ход пилы. При расчетах по формуле (9) принято $U_{zcp} = 2$ мм, $R = 300$ мм, $t = 26$ мм, λ_k равно 0; 0,3; 0,4 и 0,5.

Расчеты показали, что наибольшие значения U_{zmax} имеют место при $y = 26$ мм и $y = 600$ мм. При $\lambda_k = 0$ $U_{zmax} = 4,08$ мм; при $\lambda_k = 0,5$ $U_{zmax} = 3,37$ мм, т. е. при непрерывно-постоянной подаче ($\lambda_k = 0$) максимальная подача на зуб на 20 % больше, чем при использовании кривошипно-кулисного механизма ($\lambda_k = 0,5$).

Необходимый уклон пил равен величине перемещения распиливаемого материала за время холостого хода, которому соответствует угол поворота α кривошипа механизма резания от π до 2π . Уклон пил определяли по формуле

$$y = S_{x.x} = \frac{\Delta}{2\pi} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\sin 1,5\pi}{\lambda_k + \cos 1,5\pi} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\sin 2,5\pi}{\lambda_k + \cos 2,5\pi} \right) \right]$$

или

$$y = \frac{\Delta}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{1}{\lambda_k}. \quad (10)$$

При $\lambda_k = 0; 0,3; 0,4$ и $0,5$ необходимый уклон U соответственно равен $0,5 \Delta; 0,407 \Delta; 0,379 \Delta$ и $0,352 \Delta$.

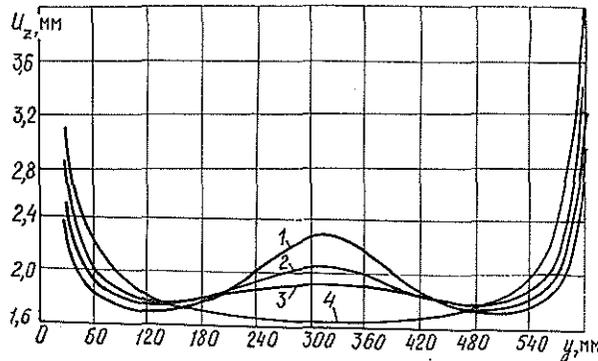


Рис. 2. Изменение подачи на зуб за рабочий ход рамной пилы ($H = 2R = 600$ мм; $U_{z \text{ ср}} = 2$ мм; $t = 26$ мм) при следующих параметрах кривошипно-кулисного механизма: 1 — $\lambda_k = 0,5$; 2 — $0,4$; 3 — $0,3$; 4 — 0

Уравнение подачи на зуб при холостом ходе пил имеет вид

$$U_z = \frac{\Delta}{2\pi} \left\{ \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_1 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_1 + \beta)} \right] - \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\alpha_2 + \beta)}{\lambda_k + \cos(\alpha_2 + \beta)} \right] \right\} - \frac{tY}{2R}. \quad (11)$$

В нижнем положении пил ($y = 2R$) происходит наибольшее вдавливание зубьев пил в древесину. При $R = 300$ мм, $U_{z \text{ ср}} = 2$ мм, $t = 26$ мм, $y = 2R = 600$ мм и $\lambda_k = 0; 0,3; 0,4$ и $0,5$ $U_{z \text{ вк}} = 2,08; 1,88; 1,76$ и $1,63$ мм соответственно.

Определим силы инерции, возникающие при использовании кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи. Уравнение перемещения распиливаемого материала

$$S = \frac{\Delta}{2\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{\sin \gamma}{\lambda_k + \cos \gamma} \right). \quad (12)$$

Скорость движения распиливаемого материала

$$v = \frac{dS}{dt} = \frac{\Delta}{2\pi} \frac{(1 + \lambda_k \cos \gamma) \omega}{(1 + 2\lambda_k \cos \gamma + \lambda_k^2)}. \quad (13)$$

Ускорение распиливаемого материала

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta}{2\pi} \frac{\lambda_k (1 - \lambda_k^2) \sin \gamma \cdot \omega^2}{(1 + 2\lambda_k \cos \gamma + \lambda_k^2)^2}, \quad (14)$$

где ω — угловая скорость кривошипов механизмов резания и подачи, рад/с.

Максимальные ускорения определяли при $\frac{da}{dt} = 0$.

Углы поворота кривошипа кривошипно-кулисного механизма, при которых a_{max} ,

$$\gamma = \arccos \frac{1 + \lambda_k^2 \pm \sqrt{1 + 34\lambda_k^2 + \lambda_k^4}}{4\lambda_k}. \quad (15)$$

Значения углов γ , α и максимальных сил инерции при разных параметрах кривошипно-кулисного механизма:

$\lambda_k = 0,3$; $\gamma_1 = 140,2^\circ$; $\alpha_1 = 50,2^\circ$; $\gamma_2 = 219,8^\circ$; $\alpha_2 = 129,8^\circ$; $a_{1\max} = 3,64 \text{ м/с}^2$; $a_{2\max} = -3,64 \text{ м/с}^2$; $\lambda_k = 0,4$; $\gamma_1 = 150^\circ$; $\alpha_1 = 60^\circ$; $\gamma_2 = 210^\circ$; $\alpha_2 = 120^\circ$; $a_{1\max} = 7,46 \text{ м/с}^2$; $a_{2\max} = -7,46 \text{ м/с}^2$; $\lambda_k = 0,5$; $\gamma_1 = 157^\circ$; $\alpha_1 = 67^\circ$; $\gamma_2 = 202,9^\circ$; $\alpha_2 = 112,9^\circ$; $a_{1\max} = 11,1 \text{ м/с}^2$; $a_{2\max} = 11,1 \text{ м/с}^2$.

Максимальные силы инерции, действующие на валцы механизма подачи,

$$P_{и\max} = ma_{\max},$$

где m — масса перемещаемого подающими валцами материала, кг.

Так, на лесопильной раме второго ряда при массе бруса $m = 300 \text{ кг}$ и $a_{\max} = 11,1 \text{ м/с}^2$ ($\lambda_k = 0,5$) $P_{и\max} = 3330 \text{ Н}$.

Аналогичные расчеты можно выполнить и для других конструкций механизмов согласования скоростей резания и подачи.

Выводы

1. Применение кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы позволяет на 20 % (при $\lambda_k = 0,5$) уменьшить максимальную подачу на зуб при рабочем ходе пил и на 22 % уменьшить глубину вдавливания зубьев (скобление) в древесину при холостом ходе пил.

2. Уклон пил должен соответствовать параметру кривошипно-кулисного механизма; при $\lambda_k = 0; 0,3; 0,4$ и $0,5$ $U = 0,5 \Delta; 0,407 \Delta; 0,379 \Delta$ и $0,352 \Delta$ соответственно.

3. Максимальные ускорения распиливаемого материала ($a_{\max} = 11,1 \text{ м/с}^2$) действуют при смещении кривошипа кулисного механизма по отношению к кривошипу механизма резания $\beta = 90^\circ$ и углах поворота кривошипа механизма резания $\gamma_1 = 157^\circ$ и $\gamma_2 = 202,9^\circ$. Полученные данные позволяют определить максимальные силы инерции, действующие на механизм подачи.

4. Использование кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы позволяет увеличить подачу с ограничением по шероховатости пиломатериалов на 15...20 % и снизить пиковые силы резания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 697318 СССР, М. Кл. В 27 В 3/10. Механизм непрерывно-переменной подачи лесопильной рамы / Г. Ф. Прокофьев.— № 2610746/29-12; Оpubл. 20.11.79 // Открытия. Изобрет.— 1979.— № 42. [2]. Батин Н. А. О кинематике лесопильных рам // Механ. обработка древесины.— 1939.— № 2.— С. 49—53. [3]. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Машиностроение, 1969.— 583 с.

Поступила 23 июня 1989 г.

УДК 674.053 : 621.933.6 (083.75)

О ПЕРЕСМОТРЕ СТАНДАРТА НА МЕЖПИЛЬНЫЕ ПРОКЛАДКИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

В настоящее время отраслевой стандарт [4] отменен. Вместо него с 01.01.90 введены технические условия того же названия [6]. В основу

этого документа положен новый метод расчета толщины межпилыной прокладки, изложенный в работе [1], который принципиально отличается как от метода [4], так и от метода, изложенного в [5].

Нами проанализирована правильность постановки задачи расчета толщины межпилыной прокладки методами [1, 4, 5] и обосновано использование метода [1] в технических условиях на межпилыные прокладки.

Межпилыная прокладка — составляющее звено в технологической размерной цепи. Она предназначена для настройки пары пил на заданную толщину пиломатериалов.

Формулы для расчета толщины прокладки T , используемые в различных методах, имеют вид:

в первом [4]

$$T = H + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} + y + 2b; \quad (1)$$

во втором [5]

$$T = H + \delta_n + t\sigma_x + y + 2b; \quad (2)$$

в третьем [1]

$$T = H + \delta_n + t\sigma_{x_{min}} + \bar{y} + 2\bar{b} - \bar{\Delta} + [t\bar{\sigma}]. \quad (3)$$

В этих формулах обозначено:

- H — номинальная толщина пиломатериалов;
- δ_b, δ_n — допускаемые верхнее и нижнее отклонения толщины пиломатериалов от номинального значения;
- y — усушка древесины;
- b — уширение зубьев на сторону;
- Δ — погрешность динамической настройки пары пил на заданную толщину пиломатериалов;
- t — квантиль нормального распределения;

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / (N-1)} \quad \text{— среднее квадратичное отклонение (СКО) толщины в одной доске;}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 / n + \sum_{j=1}^n (\bar{X}_j - \bar{X})^2 / (n-1)} = \sqrt{[\bar{\sigma}]^2 + \sigma_\Delta^2 + \sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2} \quad \text{— СКО толщины в партии пиломатериалов;}$$

$$\sigma_{x_{min}} = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2 + \sigma_\Delta^2 + \sigma_{\sigma}^2} \quad \text{— СКО минимальной толщины доски в партии пиломатериалов;}$$

X_i — толщина доски в i -м сечении ($i = 1, \dots, N$);

\bar{X}_j — средняя толщина j -й
доски ($j = 1, \dots, n$);
 \bar{X} — средняя толщина пи-
ломатериалов в пар-
тии.

Проанализируем соответствие постановки задачи расчета толщины межпилльной прокладки в разных методах общим положением настройки оборудования.

1. В основе настройки оборудования на заданный размер изделия лежит нормативная точность технологического процесса. Существующая система требований на техническое состояние оборудования, подготовку и установку режущего инструмента, режим резания определяет, хотя и косвенно, но однозначно, нормативную точность распиловки. Статистические оценки, характеризующие ее, установлены в [3] и введены в [6] в качестве справочного материала.

Оценим правомерность применения данного положения при расчете толщины прокладки первым и вторым методами. Для этого преобразуем уравнение толщины прокладки по первому методу (прибавим и вычтем нижнее отклонение от номинальной толщины пиломатериалов)

$$T = H + \delta_n + \left[-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} \right] + y + 2b,$$

а затем сопоставим его с уравнением толщины прокладки по второму методу:

$$T = H + \delta_n + [t\sigma_x] + y + 2b.$$

Эти уравнения отличаются только слагаемыми в квадратных скобках. Выражение $\left[-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} \right]$ представляет собой половину поля допуска, а $[t\sigma_x]$ — половину поля рассеивания пиломатериалов по толщине. В первом методе не ставят вопрос о нормативной точности распиловки. Раз существует допуск пиломатериалов по толщине и нет претензий со стороны потребителя, значит точность распиловки (не суть важно, что стоит за этим понятием) укладывается в допуск. Иначе: $-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} = t\sigma_x$.

Во втором методе также не ставят вопрос о нормативной точности распиловки. Вместо нее определяют точность пиломатериалов в партии, взятой в любом месте технологического процесса, в том числе и на складе.

В первом методе не раскрывают физическую сущность задачи, но устанавливают единое для всех предприятий значение толщины прокладки. Во втором методе задачу ставят неправильно, в результате каждому предприятию потребуется иметь несколько толщин прокладок для выработки пиломатериалов одной номинальной толщины. Унификация толщин при таком методе невозможна, так как невозможно в разных выборках пиломатериалов получить одинаковые оценки σ_x .

2. В основе настройки оборудования на заданный размер изделия лежит нормативная точность технологического процесса не по любому, а только по приемочному показателю. Допускается использовать и косвенные показатели, которые функционально связаны с приемочным или достаточно тесно с ним коррелированы. Должна быть установлена форма зависимости, а соблюдение приемочного показателя гарантировано.

В лесопилении в приемочном контроле используют показатели: толщину доски в минимальном сечении X_{min} и разнотолщинность доски R ; при исследовании точности распиловки применяют косвенные

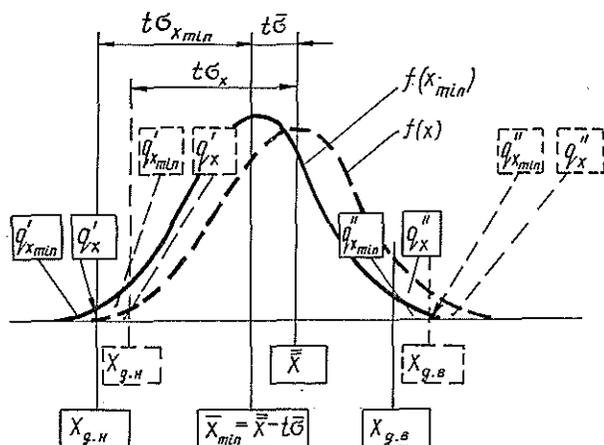
показатели: среднюю толщину доски \bar{X} и СКО толщины в доске σ . В работе [2] приведена зависимость показателей косвенных \bar{X} , σ и приемочного X_{min} в виде уравнения случайных величин (СВ) вида:

$$CB\{X_{min}\} = CB\{\bar{X}\} - tCB\{\sigma\}$$

и показан переход от статистических оценок косвенных показателей к статистическим оценкам приемочного показателя. Последние, вычисленные по нормативным статистическим оценкам косвенных показателей, рекомендованы в качестве нормативных для расчета толщины межпилльных прокладок по третьему методу.

Во втором методе используют показатель — толщина доски в случайно измеренном сечении X_i , который ни функционально, ни статистически не связан с приемочным показателем. Различие двух подходов заключается в том, что во втором методе применяют теоретические положения математической статистики к одной случайной величине $CB\{X\}$, а в третьем методе — к двум случайным величинам $CB\{\bar{X}\}$ и $CB\{\sigma\}$. В результате одна и та же статистическая оценка — среднее квадратичное отклонение толщины в доске σ — во 2-м методе сохраняет свой физический смысл как оценки рассеивания в виде ее среднего значения в партии пиломатериалов (см. слагаемое в подкоренном выражении оценки σ_x , заключенное в квадратных скобках), а в третьем методе приобретает смысл математического ожидания (см. слагаемое уравнения (3), заключенное также в квадратные скобки).

Покажем графически, к чему приводит разница физического смысла одной и той же статистической оценки σ при расчете толщины межпилльной прокладки.



Расположение относительно нижней и верхней границы поля допуска $X_{д.н}$ и $X_{д.в}$ кривых распределения $f(X)$ и $f(X_{min})$, характеризующих точность распиловки по показателям: толщина и минимальная толщина пиломатериала; q' и q'' — уровни дефектности относительно нижней и верхней границ поля допуска

На рисунке изображены кривые распределения $CB\{X\}$ и $CB\{X_{min}\}$, смещенные относительно друг друга на разницу в математических ожиданиях двух случайных величин $t\sigma$.

Чтобы гарантировать уровень дефектности по приемочному параметру X_{min} , относительно нижней границы поля допуска следует расположить кривую распределения $f(X_{min})$. Тогда центр группирования

средней толщины пиломатериалов, определяющий толщину прокладки, должен отодвинуться от нижней границы поля допуска не на величину $t\sigma_x$, как по второму методу, а на величину $t\sigma_{x_{min}} + t\bar{\sigma}$. Вот почему в формуле толщины прокладки по третьему методу есть слагаемое $t\bar{\sigma}$, а по второму его нет.

В работе [2] доказана неправомерность использования статистических оценок точности распиловки по показателю X для оценки уровня дефектности пиломатериалов в партии по показателю X_{min} .

Ошибка в выборе параметра, характеризующего точность пиломатериалов, исказила не только физический смысл настройки лесопильной рамы на распиловочный размер, но и смысл контроля точности распиловки. Метод контролирует и гарантирует низкий уровень дефектности по параметру X , в то время как по параметру X_{min} уровень дефектности значительно больше нормы. Это позволило обосновать нереально широкий диапазон толщин межпильных прокладок.

Следуя второму методу, толщину прокладки можно рассчитать как на 1 мм больше, так и на 1 мм меньше, чем применяют передовые лесозэкспортные предприятия и рекомендует [4]. И в том и в другом случаях предприятие будет вырабатывать либо толстые дефектные, либо тонкие дефектные пиломатериалы с потерями в выходе.

3. В основе настройки оборудования на заданный размер лежит расчет размерной цепи, отражающей объективные связи технологического процесса. Замыкающее звено размерной цепи при выработке сечений пиломатериалов — минимальная толщина сухой доски, выражаемая, согласно [1] в виде суммы случайных величин:

$$\begin{aligned} CB\{X_{min, сух}\} &= CB\{\bar{X}\} - CB\{t\sigma\} - CB\{y\} = \\ &= CB\{T\} - CB\{b_1\} - CB\{b_2\} + CB\{\Delta\} - CB\{t\sigma\} - CB\{y\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Статистическими оценками $CB\{X_{min, сух}\}$ являются: математическое ожидание

$$\bar{X}_{min, сух} = \bar{T} - \bar{b}_1 - \bar{b}_2 + \bar{\Delta} - t\bar{\sigma} - \bar{y} \quad (5)$$

и СКО

$$\sigma_{X_{min, сух}} = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_{b_1}^2 + \sigma_{b_2}^2 + \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_{t\sigma}^2 + \sigma_y^2}. \quad (6)$$

Основное условие правильности составления уравнения размерной цепи — соответствие слагаемых в формуле (5) и в подкоренном выражении (6). Поскольку уравнение толщины прокладки получаем из уравнений (4) — (6), то это условие распространяется и на соответствие слагаемых в формуле толщины прокладки и подкоренном выражении СКО, входящего в формулу толщины прокладки. Уравнение толщины прокладки по третьему методу соответствует данному требованию.

Оценим с этих позиций правильность составления уравнения толщины прокладки по второму методу. (Первый метод не рассматриваем, так как он не содержит СКО — элемента, характеризующего уравнение как размерную цепь). Если исходить из предположения, что уравнение толщины прокладки составлено верно, то формула СКО должна иметь вид:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_R^2}.$$

Но формула СКО по второму методу

$$\sigma_x = \sqrt{\bar{\sigma}^2 + \sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2 + \sigma_{\Delta}^2} \neq \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2}.$$

Следовательно, размерная цепь составлена неверно. В ней не хватает математического ожидания одной случайной величины $CB \{ \Delta \}$. Ошибка заключается в том, что в расчет цепи заложена точность пиломатериалов, а не точность составляющих звеньев технологической цепи, формирующих эту толщину. Параметр \bar{X} характеризует только точность пиломатериалов. Точность распиловки характеризует параметр Δ — погрешность динамической настройки пары пил на заданную среднюю толщину доски $\Delta = \bar{X} - (T + b_1 + b_2)$, т. е. величина, не искаженная погрешностями в толщине прокладки и уширении зубьев пил. Во втором методе имеется похожая на Δ величина M_e , названная средней погрешностью размеров $M_e = \bar{X} - (H + y + t\sigma_x + \delta_n)$. Но M_e — это не разность средней толщины доски и заданного между зубьями пил расстояния, а разность средней толщины доски и центра группирования фактических размеров пиломатериалов во всей продукции, то есть M_e опять характеризует точность пиломатериалов, а не точность распиловки. С использованием величины M_e формула толщины прокладки по второму методу примет вид $T = \bar{X} - M_e + 2b$. В представленной записи ошибочность постановки задачи в целом понятна из логики формулы: чтобы определить толщину прокладки, нужно сначала все-таки выпилить доску толщиной \bar{X} . Эта ошибка наиболее очевидна на примере вновь построенного предприятия, которое как раз и не сможет определить толщину прокладки, так как еще нет пиломатериалов, по которым можно было бы определить данный параметр.

Правильная постановка задачи неизбежно приводит к выводу уравнения толщины прокладки по третьему методу, который и вошел в технические условия.

Применение этого метода позволило обосновать унифицированные толщины межпилльных прокладок для выработки пиломатериалов 57 значений толщин, из древесины четырех групп пород, двух значений заданной влажности. Прокладки с толщинами по [6] могут изготавливать предприятия Минстанкопрома СССР и комплектовать ими новые лесопильные рамы, а также централизованные участки территориальных объединений Минлеспрома СССР для удовлетворения потребности в них отдельных предприятий в данном виде продукции.

Однако для внедрения унифицированных толщин прокладок одних технических условий на прокладки недостаточно. Необходимо унифицировать систему нормативной документации по всему технологическому процессу контроля точности распиловки и толщины пиломатериалов. Поэтому план мероприятий по внедрению [6] предусматривает следующую разработку:

1. РТМ по оценке точности распиловки на лесопильных рамах.
2. Изменение к государственному стандарту на усушку пиломатериалов, в котором должны быть подразделены среднее значение усушки и ее изменчивость.
3. Изменение к государственному стандарту на размеры сухих пиломатериалов, в котором должны быть подразделены допускаемые отклонения размеров в доске и партии пиломатериалов, а также дано терминологическое пояснение приемочных параметров пиломатериалов по толщине: толщины доски в минимальном сечении и разнотолщинности.
4. Типовой стандарт предприятия на размеры сырых пиломатериалов.
5. Технические условия на исполнительные размеры калибров для контроля правильности настройки лесопильной рамы на заданную толщину пиломатериалов и размеров сырых пиломатериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ковзун Н. И. Метод расчета толщины межпилльной прокладки и взаимосвязанных с нею параметров // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1988.— № 5.— С. 63—71.
[2]. Ковзун Н. И. Статистические оценки точности распиловки и методы их вычисления // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 2.— С. 116—120. [3]. Ковзун Н. И. Точность рамной распиловки // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 3.— С. 121—124.
[4]. ОСТ 13—6—78. Прокладки межпилльные для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.79 до 01.01.90. [5]. РТМ по алгоритмизации процессов формирования сечений пиломатериалов / Б. И. Кошуняев, В. Р. Фергин.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1987.— 24 с. [6]. ТУ 13—0273675—25—89. Прокладки межпилльные для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.90.

Поступила 13 июля 1988 г.

УДК 674.023.001.572

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛУЩЕНИЯ ФАНЕРНОГО ШПОНА

В. Г. РЕМИЗОВ, М. В. КОЗЛОВ, Ю. Д. ТАРШИС

Ярославский политехнический институт

Для расчета и конструирования лущильных станков необходимо знать усилия, действующие на чурак, лущильный нож и прижимную линейку.

Лущение шпона — это процесс непрерывного срезания с вращающегося чурака бесконечной ленты (стружки) постоянной толщины. Резание древесины при лущении происходит в условиях обжима ее прижимной линейкой. При разрушении древесины в области, примыкающей к режущей кромке ножа, трещина распространяется в тангенциальном направлении. Давление, оказываемое линейкой на чурак, препятствует хаотичному распространению трещины. Благодаря этому шпон получается гладким и одинаковой толщины по всей длине обрабатываемой ленты.

Большинство известных методов определения усилий, действующих на лущильный нож и прижимную линейку, базируются на экспериментальных данных. Нами предложена математическая модель разрушения (резания) древесины чурака в районе режущей кромки ножа, основанная на анализе напряженно-деформированного состояния материала. Для определения напряжений в древесине использовано решение задачи теории упругости о действии сосредоточенной силы на клин. Считаем, что действие ножа и прижимной линейки подобно действию сосредоточенных сил, но из рассмотрения исключена область бесконечно больших напряжений, ограниченная радиусами, равными радиусу заточки режущей кромки ножа и закругления прижимной линейки. Значит, контактные напряжения равны напряжениям, которые возникают в клине на указанных расстояниях от точки приложения силы. Используя принцип суперпозиции, напряженное состояние в любой точке рассматриваем как сумму двух линейных напряженных состояний, создаваемых в материале отдельно лущильным ножом и прижимной линейкой. Кроме того, приняты следующие допущения.

1. Пропаренная древесина обладает свойствами ортотропного тела с модулями, соответствующими средним деформациям в зонах резания и обжима.

2. Напряжения в древесине чурака при лущении шпона и контактные напряжения на поверхности ножа и прижимной линейки зависят только от действующих сил и от радиусов заточки ножа и закругления прижимной линейки.

3. По мере удаления от места контакта ножа и прижимной линейки напряжения быстро убывают, т. е. справедлив принцип Сен-Венана.

4. Напряжениями σ_z от сжатия чурака шпинделями лущильного станка пренебрегаем.

5. Коэффициенты Пуассона пропаренной древесины $\nu_{rz} = \nu_{tz} = 0$.

6. Напряжениями от изгиба чурака можно пренебречь, так как они малы по сравнению с контактными напряжениями (когда диаметр уменьшается, тогда изгибу чурака препятствуют поджимные ролики).

Для определения напряжений σ_r , σ_t , τ_{rt} , действующих по площадкам упругой симметрии древесины, воспользуемся решением задачи о действии сосредоточенной силы на клин [3].

Расчетные схемы действия лущильного ножа и прижимной линейки на чурак при моделировании процесса лущения и резания плоской задачей теории упругости представлены на рис. 1, 2. Распределение напряжений в области кромки лущильного ножа показано на рис. 3, а, б.

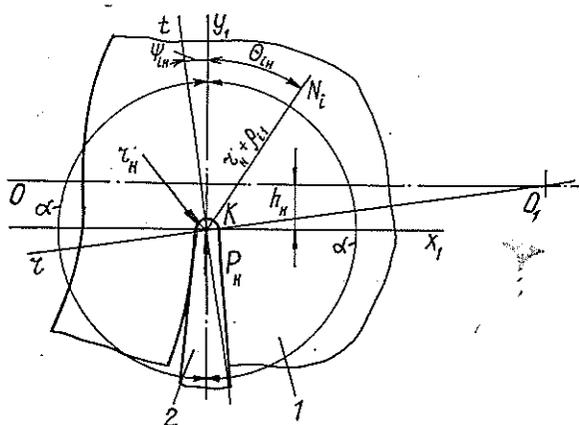


Рис. 1. Расчетная схема действия лущильного ножа (2) на чурак (1)

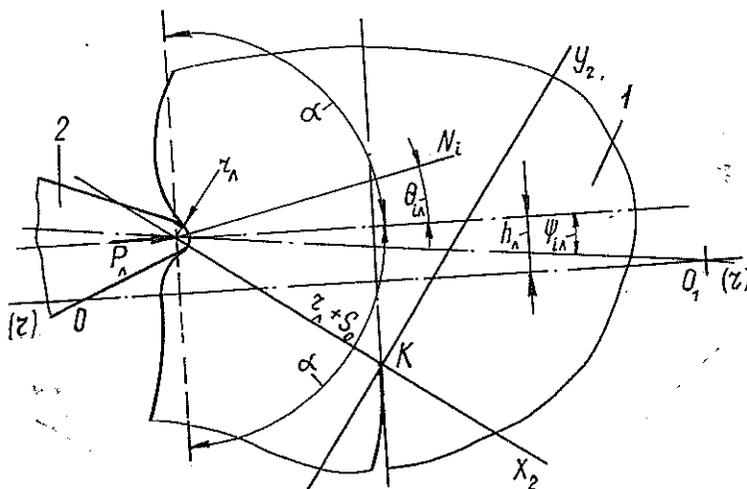


Рис. 2. Расчетная схема действия прижимной линейки (2) на чурак (1)

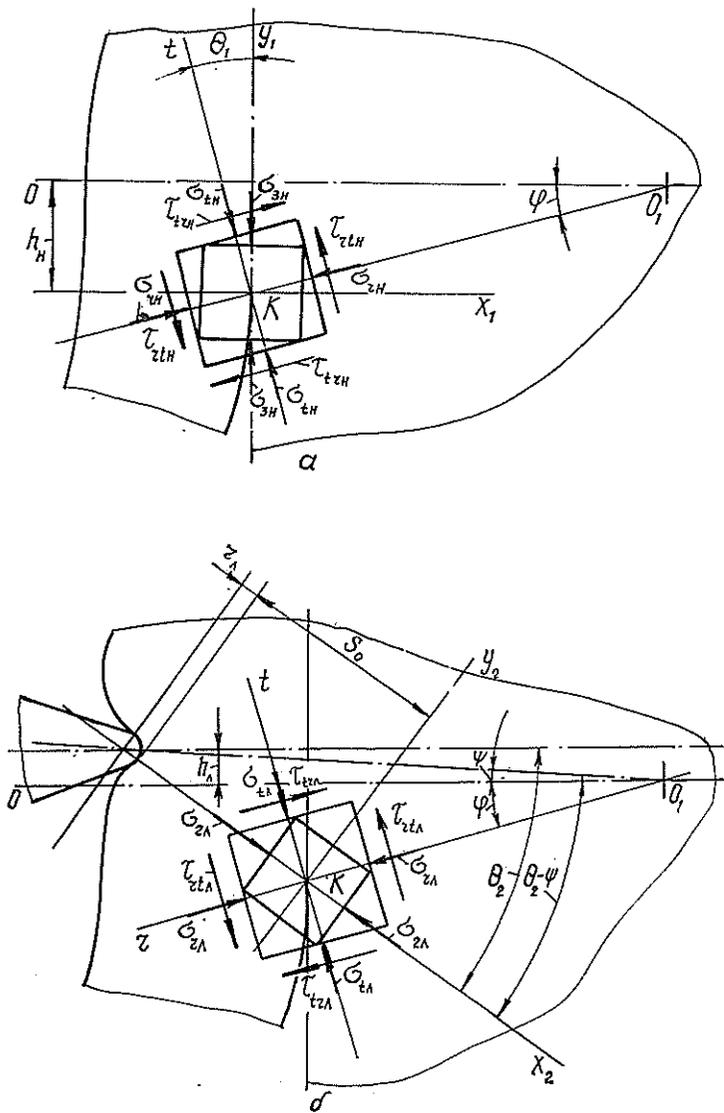


Рис. 3. Распределение напряжений в области кромки лущильного ножа от воздействия на чурак со стороны лущильного ножа (а) и со стороны прижимной линейки (б)

С учетом принятых допущений, напряжения и деформации вдоль оси чурака равны нулю, поэтому система уравнений, описывающая напряженно-деформированное состояние материала, имеет вид:

а) от действия лущильного ножа в местной, полярной системе координат ρ_1, θ_1 при $\alpha = \pi$ (рис. 1)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho 1н} &= -\frac{P_{н} \cos \theta_1}{\pi (r_{н} + \rho_1)}; \\ \sigma_{\theta 1н} = \sigma_z = \varepsilon_z = \tau_{x_1 y_1} &= 0; \\ \varepsilon_{\rho 1н} &= \frac{1}{E t_{\theta_1}} \sigma_{\rho_1}; \end{aligned} \right\} (1)$$

б) от действия прижимной линейки в местной, полярной системе координат ρ_2, Θ_2 при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ (рис. 2)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho_{2л}} &= -\frac{2P_л \cos \Theta_2}{\pi(r_л + \rho_2)}; \\ \sigma_{\Theta_{2л}} &= \sigma_z = \varepsilon_z = \tau_{x_2 y_2} = 0; \\ \varepsilon_{\rho_{2л}} &= \frac{1}{E_{r\Theta_2}} \sigma_{\rho_2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) обозначено:

$r_н$ и $r_л$ — соответственно радиус заточки ножа и радиус закругления прижимной линейки;

$P_н, P_л$ — удельные усилия, действующие на лущильный нож и прижимную линейку;

$E_{t\Theta_1}; E_{r\Theta_2}$ — модули упругости древесины на сжатие поперек волокон в направлении под углом $\Theta_1 + \psi_1$ к тангенциальному (рис. 3, а) и в направлении под углом $\Theta_2 - \psi_2$ к радиальному (рис. 3, б).

В общем случае положения режущей кромки ножа и кромки прижимной линейки относительно горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось чурака 00_1 (рис. 3, а, б) ($h_л \neq 0, h_н \neq 0$, рис. 1, 2), в опасной точке K (под режущей кромкой ножа) имеет место плоское напряженное состояние. Оно равно сумме напряженного состояния с главным напряжением ($\sigma_{1н} = 0, \sigma_{2н} = 0, \sigma_{3н} = -\frac{P_н \cos \Theta_1}{\pi r_н}$), создаваемого в опасной точке лущильным ножом (рис. 3, а), и напряженного состояния с главным напряжением ($\sigma_{1л} = 0, \sigma_{2л} = -\frac{2P_л \cos \Theta_2}{\pi(r_л + S_0)}, \sigma_{3л} = 0$), создаваемого в опасной точке прижимной линейкой (рис. 3, б). Главные оси упомянутых напряженных состояний $x_1 y_1$ (рис. 3, а) и $x_2 y_2$ (рис. 3, б) не совпадают с осями упругой симметрии древесины r, t .

Рассмотрим напряжения, возникающие на площадках, перпендикулярных осям упругой симметрии древесины r, t . Напряжения от действия лущильного ножа (рис. 3, а) на площадках, перпендикулярных осям, определяют по формулам:

$$\sigma_{rн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} + \frac{\sigma_{3н}}{2} \cos 2(90^\circ + \Theta_1) = \frac{\sigma_{3н}}{2} [1 + \cos 2(90^\circ + \Theta_1)]; \quad (3)$$

$$\sigma_{tн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} + \frac{\sigma_{3н}}{2} \cos 2\Theta_1 = \frac{\sigma_{3н}}{2} (1 + \cos 2\Theta_1); \quad (4)$$

$$\tau_{rтн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} \sin 2(90^\circ + \Theta_1); \quad (5)$$

$$\tau_{trн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} \sin 2\Theta_1. \quad (6)$$

Соответственно напряжения от действия прижимной линейки (рис. 3, б) на площадках, перпендикулярных осям r и t :

$$\sigma_{rл} = \frac{\sigma_{2л}}{2} + \frac{\sigma_{2л}}{2} \cos 2(\Theta_2 - \psi + \varphi) = \frac{\sigma_{2л}}{2} [1 + \cos 2(\Theta_2 - \psi + \varphi)]; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tл} &= \frac{\sigma_{2л}}{2} + \frac{\sigma_{2л}}{2} \cos 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi) = \\ &= \frac{\sigma_{2л}}{2} [1 + \cos 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi)]; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\tau_{rtl} = \frac{\sigma_{2л}}{2} \sin 2(\Theta_2 - \psi + \varphi); \quad (9)$$

$$\tau_{trl} = \frac{\sigma_{2л}}{2} \sin 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi). \quad (10)$$

Суммарные напряжения равны алгебраической этих составляющих.

Для определения удельного усилия P_λ , действующего на прижимную линейку, найдем деформацию, накопленную на участке между прижимной линейкой и лезвием ножа:

$$\Delta\delta = \int_0^{S_0} \varepsilon_{\rho_1} d\rho_2 = -\frac{2P_\lambda}{\pi E_{r\Theta_2}} \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_\lambda}\right), \quad (11)$$

и толщину шпона

$$\delta = S_0 + |\Delta\delta| = S_0 + \frac{2P_\lambda}{\pi E_{r\Theta_2}} \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_\lambda}\right). \quad (12)$$

Толщина шпона δ , равная подаче суппорта, и расстояние между лезвием ножа и прижимной линейкой S_0 связаны со степенью обжима шпона e :

$$S_0 = \delta(1 - e). \quad (13)$$

Усилие, действующее на прижимную линейку, определяем из уравнения (12) с учетом равенства (13):

$$P_\lambda = \frac{\pi E_{r\Theta_2} (\delta - S_0)}{2 \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_\lambda}\right)} = \frac{\pi E_{r\Theta_2} \delta e}{2 \ln\left(1 + \frac{\delta(1 - e)}{r_\lambda}\right)}. \quad (14)$$

Следовательно, от воздействия лущильного ножа и прижимной линейки в древесине создается плоское напряженное состояние, а усилие, действующее на прижимную линейку, зависит только от технологических параметров лущения (толщины шпона и степени обжима) и модуля упругости древесины. В качестве критерия разрушения при плоском напряженном состоянии для ортотропного материала, каким является древесина, использован критерий предельного состояния в виде полинома четвертой степени [1, 2]:

$$\left[\frac{\sigma_r^2}{\sigma_{br}} + \frac{\sigma_t^2}{\sigma_{bt}} + \frac{\tau_{rt}^2}{\tau_{brt}} + \sigma_r \sigma_t S_{rt} \right]^2 - \sigma_r^2 - \sigma_t^2 - \sigma_r \sigma_t - \tau_{rt}^2 = 0, \quad (15)$$

где $\sigma_r, \sigma_t, \tau_{rt}$ — напряжения, действующие по площадкам, перпендикулярным осям симметрии древесины r, t ; $\sigma_{br}, \sigma_{bt}, \tau_{brt}$ — соответствующие пределы прочности древесины.

Механические характеристики древесины, входящие в уравнения (1), (2), (15), определяют экспериментально. В общем случае усилие резания при лущении находят решением системы нелинейных уравнений (3) — (10), (14), (15), которое может быть реализовано численными методами.

Рассмотрим частный случай, когда режущая кромка лущильного ножа и кромка прижимной линейки лежат в горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось чурака (рис. 3, а, б) ($h_\lambda = 0, h_\Pi = 0$, рис. 1, 2). В опасной точке K (под режущей кромкой ножа) имеет место также плоское напряженное состояние с главными напряжениями $\left(\sigma_1 = 0, \sigma_2 = -\frac{2P_\lambda}{\pi(r_\lambda + S_0)}, \sigma_3 = -\frac{P_\Pi}{\pi r_\Pi}\right)$, но в этом случае главные оси напряженного состояния совпадают с осями r, t упругой симметрии древесины (рис. 4). В этом случае критерий предельного состояния (1) преобразуется в

трехпараметрическое условие разрушения древесины в тангенциальном направлении [1, 2]

$$1 = \frac{\sigma_3^2}{\sigma_{bt}^2} + \frac{\sigma_2^2}{\sigma_{br}^2} - \frac{\sigma_3 \sigma_2}{\sigma_{bt} \sigma_{br}} \quad (16)$$

или

$$\sigma_3 = 0,5 \sigma_{bt} \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{br}} + \sqrt{4 - 3 \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{br}} \right)^2} \right). \quad (17)$$

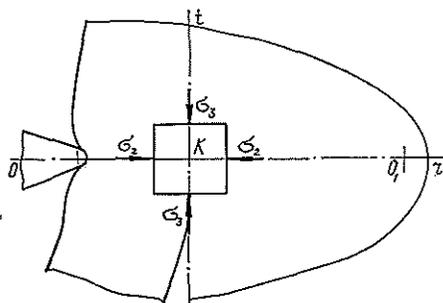


Рис. 4. Распределение напряжений в области кромки лущильного ножа при установке кромок ножа и линейки в горизонтальной плоскости, проходящей через ось чурака OO_1

После подстановки значений главных напряжений в условие (17) получим выражение для удельного усилия резания (удельного усилия, действующего на лущильный нож):

$$P_{II} = \pi r_n \sigma_{bt} \left(\frac{P_{II}}{\pi (r_n + S_0) \sigma_{br}} + \sqrt{1 - 3 \left(\frac{P_{II}}{\pi (r_n + S_0) \sigma_{br}} \right)^2} \right). \quad (18)$$

Решая совместно выражения (14) и (18), получим уравнение для определения удельного усилия, действующего на лущильный нож:

$$P_{II} = \pi r_n \sigma_{bt} \left(\frac{E_r \delta e (r_n + S_0)^{-1} \sigma_{br}^{-1}}{2 \ln \left(1 + \frac{\delta (1 - e)}{r_n} \right)} + \sqrt{1 - 3 \left(\frac{E_r \delta e (r_n + S_0)^{-1} \sigma_{br}^{-1}}{2 \ln \left(1 + \frac{\delta (1 - e)}{r_n} \right)} \right)^2} \right), \quad (19)$$

где E_r — модуль упругости древесины в радиальном направлении.

Таким образом, нами разработана математическая модель лущения сырого фанерного шпона, которая позволяет проанализировать напряженное состояние древесины и рассчитать усилие, исходя из свойств древесины и режимов лущения. Предлагаемая модель опробована, результаты практических расчетов приведены в работах [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 222 с. [2]. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов.— Л.: Машиностроение, 1976.— 216 с. [3]. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: В 10 т.— 4-е изд., испр. и доп.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.— Т. 7: Теория упругости: Учеб. пособие.— 248 с. [4]. Ремизов В. Г., Козлов М. В., Таршис Ю. Д. Анализ напряженно-деформированного состояния древесины при лущении шпона // Деревообаб. пром-сть.— 1989.— № 7.— С. 12—14. [5]. Ремизов В. Г., Козлов М. В., Таршис Ю. Д. Исследование условий получения лущеного шпона с заданными точностными параметрами // Совершенствование техники и технологии производства фанерной продукции.— Л., 1989.— С. 66—68.

Поступила 12 декабря 1989 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 54 : 674.815-41

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А. А. ЭЛЬБЕРТ, Л. П. КОВРИЖНЫХ, П. А. ХОТИЛОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Известно, что при получении древесностружечных плит (ДСП) в качестве связующего вещества применяют карбамидоформальдегидные смолы, доля которых в себестоимости плит составляет 30...45 %. Указанные смолы выделяют формальдегид как в процессе прессования плит, так и при их эксплуатации. В условиях нарастающего дефицита смол и их вредного воздействия в нашей стране и за рубежом проводят изыскание веществ, которые могли бы частично или полностью заменять эти смолы [9, 14].

Перспективное направление в решении этой проблемы — использование в качестве компонента связующего лигносульфонатов — много-тоннажного побочного продукта сульфит-целлюлозного производства [12, 14, 17, 18], не находящего полного сбыта.

В настоящее время в производстве ДСП товарные лигносульфонаты используют ограниченно (5...8 % от массы смолы), так как при большем количестве ухудшаются показатели физико-механических свойств плит, особенно набухание в воде [5, 14].

На кафедре древесных пластиков и плит ЛТА разработаны два способа модификации лигносульфонатов, что позволяет осуществить замену 20...30 % карбамидоформальдегидной смолы.

Один из способов модификации технических лигносульфонатов — это их обработка персульфатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ перед совмещением с карбамидной смолой [2—4]. Персульфат аммония — эффективный отвердитель карбамидных смол [14] и окислитель лигнина [8], поэтому его можно применять для повышения реакционной способности лигносульфонатов при совмещении с карбамидной смолой.

Обработка лигносульфонатов (ЛС) персульфатом аммония приводит к резкому увеличению количества общих кислых групп. Одновременно с реакциями окисления проходит процесс десульфирования, особенно при температуре 160 °С (табл. 1). В окисленных лигносульфонатах увеличивается количество гидроксильных групп, главным образом, за счет фенольных ОН-групп. Содержание алифатических гидроксильных групп снижается пропорционально увеличению количества карбоксильных групп, т. е. в мягких условиях окисления происходит фрагментация лигносульфонового комплекса и окислению подвергаются в первую очередь заместители в пропановых звеньях структурных единиц лигнина. Обработка при 160 °С привела к резкому снижению содержания фенольных ОН-групп в лигносульфонатах (табл. 1) за счет радикальной полимеризации окисленных фрагментов [10, 15].

Данные спектрального и термогравиметрического анализа показывают протекание реакций, происходящих в лигносульфонате под действием персульфата аммония в интервале 107...175 °С.

При изучении свойств лигносульфонатов с персульфатом аммония установлено, что при термообработке значительно увеличивается реак-

Таблица 1

Тип функциональных групп	Содержание функциональных групп, % в лигносульфонате			
	исходном		обработанном с 6 % персульфата аммония	
	без термо- обра- ботки	после термо- обработки	без термо- обра- ботки	после термо- обработки
Гидроксильные:				
общие	11,98	11,77	14,70	9,20
фенольные	9,98	10,92	13,31	8,48
алифатические	2,00	0,85	1,39	0,72
Карбоксильные	0,78	1,13	1,46	2,10
Сульфогруппы	2,13	2,03	1,85	0,92

Примечание. Термообработку проводили при температуре 160 °С в течение 5 мин.

ционная способность лигносульфонового комплекса и создаются условия активации лигносульфонатов для последующего химического взаимодействия с карбамидоформальдегидной смолой при получении ДСП. Время желатинизации композиции совмещенного связующего с 30 % лигносульфоната и персульфатом аммония при 100 °С не увеличивается

Таблица 2

Содержание ЛС в связующем КФ-МТ, %	Количество водорастворимых веществ, %, в отвержденном связующем при продолжительности термообработки, мин		
	2	5	10
0	23,3	18,0	19,6
	19,1	10,8	7,0
20	25,0	19,2	18,1
	16,1	11,3	10,4
30	28,1	19,5	19,3
	16,0	12,5	10,5
50	39,4	36,0	35,3
	26,7	25,3	22,8
70	86,1	81,4	80,0
	45,7	42,2	40,0

Примечание. В числителе — данные при 100, в знаменателе — 160 °С. Для связующего без добавок ЛС — отвердитель NH_4Cl , для остальных — $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$.

по сравнению со временем желатинизации контрольных образцов смолы с хлоридом аммония. В то же время введение даже небольших количеств технических лигносульфонатов в смолу с хлоридом аммония значительно замедляет процесс отверждения связующего. В случае замещения 20...30 % карбамидной смолы лигносульфонатами с персульфатом аммония степень отверждения совмещенного связующего не снижается по сравнению с контрольной смолой, что подтверждается содержанием водорастворимых веществ (табл. 2).
Определение порядка реакции как по метилольным группам, так и по формальдегиду показало, что после одной минуты термообработки их изменение происходит по второму порядку [7].
Сравнение констант скорости (см. табл. 3) показало, что применение хлористого аммония в качестве катализатора отверждения связующего, содержащего 70 % карбамидной смолы и 30 % лигносульфоната, неэффективно. Скорость реакции по метилольным группам и свободному формальдегиду в этом случае уменьшается в два раза по сравнению с карбамидоформальдегидной смолой. В то же время введение персульфата аммония в состав совмещенного связующего не только не снижает скорость реакции по метилольным группам, но более чем в два раза увеличивает ее по свободному формальдегиду. Тем самым создается возможность для связывания формальдегида, выделяющегося при отверждении карбамидоформальдегидной смолы, и снижения токсичности ДСП [15, 19, 20].

Таблица 3
Константы скорости процесса отверждения

Состав связующего	Константа скорости $K \cdot 10^2$, л/моль, рассчитанная по изменению	
	-CH ₂ OH	CH ₂ O
100 % КФ-МТ + 2 % NH ₄ Cl	0,16	2,2
70 % КФ-МТ + 30 % ЛС + + 2 % (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	0,12	8,3

Промышленная партия ДСП на основе разработанного связующего с различным содержанием лигносульфонатов была выпущена на заводе ДСП Пюссиского КДП [1]. Массовый расход связующего для пылевого слоя составил 15,4...16,0; промежуточного — 15,5...16,5; внутреннего слоя — 14,5...15,5 %. Породный состав сырья: древесина лиственных пород — 85 %, хвойных пород — 15 %. Условия горячего прессования: температура — 158...165 °С, максимальное удельное давление — 2,2 МПа, продолжительность — 0,22 м/мм. Толщина плит — 16 мм.

В табл. 4 представлены данные физико-химических свойств связующего, в табл. 5 — данные физико-химических свойств промышленной партии ДСП с совмещенным связующим.

Таблица 4

Показатель связующего	Содержание лигносульфонатов в связующем, %			
	Пылевой слой — 0 (100 % КФ-МТ)	Промежуточный слой — 20	Внутренний слой	
			20	30
Концентрация (по рефрактометру), %	56,2	61,3	62,5	60,0
pH	6,15	5,20	5,14	4,60
Вязкость (ВЗ-4), с	19,8	40,0	50,0	40,0
Время желатинизации:				
при 100 °С, с	—	86	72	68
при 20 °С, ч	—	12	15	15

Таблица 5

Содержание лигносульфонатов в связующем, %		Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа		Набухание за 24 ч, %	Водопоглощение, %
Промежуточный слой	Внутренний слой		при статическом изгибе	при растяжении перпендикулярно поверхности		
15	10	729	21,6	0,65	14,3	65
20	15	706	21,0	0,59	15,3	68
20	20	719	23,3	0,61	13,3	68
20	30	710	23,8	0,64	12,4	63

Лигносульфонаты на Са-На основании

15	10	729	21,6	0,65	14,3	65
20	15	706	21,0	0,59	15,3	68
20	20	719	23,3	0,61	13,3	68
20	30	710	23,8	0,64	12,4	63

Лигносульфонаты на аммониевом основании

15	20	759	23,0	0,60	13,8	52
Контрольная плита: КФ-МТ + NH ₄ Cl		730	21,1	0,56	15,3	69

При использовании лигносульфонатов для замещения 20...30 % карбамидной смолы получены более прочные и водостойкие плиты. Исследование токсичности изготовленных плит показало снижение уровня выделения формальдегида на 70 %.

По данным Ростовского медицинского института, плиты с 20 % ЛС и персульфатом аммония выделяют формальдегид в количестве $0,028 \pm 0,002$ мг/м³ воздуха, контрольные плиты с хлоридом аммония — $0,047 \pm 0,004$ мг/м³.

Второй способ модификации лигносульфонатов заключается во введении катионов более высокой валентности, например, ионов алюминия вместо катионов варочного основания [1].

В табл. 6 представлены сравнительные характеристики ЛС натрия, алюминия (катионозамещение) и смеси ЛС натрия и алюминия, полученной добавлением раствора сульфата алюминия к техническим лигносульфонатам. Из данных табл. 6 видно, что в результате замены в полимолекуле ЛС катиона на алюминий увеличивается относительная динамическая вязкость, уменьшаются скорость электрофореза, поверхностное натяжение и содержание минеральных веществ. Судя по данным гель-хроматографии, полученным при использовании УФ-детектора, после замещения на катион алюминия наблюдается некоторое увеличение молекулярных масс [6].

Т а б л и ц а 6
Коллоидные свойства модифицированных 20 %-х растворов лигносульфонатов

Препарат	Относительная динамическая вязкость	Скорость электрофореза, мкм/с	Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^3$, Н/м	pH
Исходные и модифицированные ЛС				
ЛС-Na ⁺	1,5	5,0	57,0	4,0
ЛС-Na ⁺ + Al ³⁺	1,6	4,8	56,3	2,2
ЛС-Al ³⁺	2,2	4,5	50,0	1,8
Термообработанные ЛС				
ЛС-Na ⁺	1,6	4,4	61,2	4,1
ЛС-Na ⁺ + Al ³⁺	2,5	4,1	60,7	2,5
ЛС-Al ³⁺	2,6	3,4	57,0	2,1

С увеличением количества ионов алюминия возрастает также оптическая плотность растворов. Данными ИК-спектроскопии для лигносульфонатов алюминия выявлено образование дополнительных межмолекулярных связей [13].

В процессе изготовления древесных плит связующее подвергается тепловому воздействию, поэтому мы определяли коллоидные свойства исходных и модифицированных лигносульфонатов (МЛС) после термообработки (190 °С, 15 мин). Из термообработанных ЛС готовили 20 %-е растворы. В результате термообработки возросла вязкость, уменьшились поверхностное натяжение и скорость электрофореза. Наиболее значительное изменение этих величин наблюдается у ЛС алюминия (см. табл. 6).

После термообработки лигносульфоната алюминия в водорастворимой его части, подвергнутой гель-фильтрации, доля высокомолекулярных фракций уменьшается вследствие того, что часть высокомолекулярных лигносульфонатов в результате процессов структурирования становится нерастворимой в воде.

Значительное воздействие на процесс структурирования ЛС алюминия оказывают продолжительность и температура термообработки, с возрастанием которых при одинаковом содержании сухих веществ в исходных ЛС (45 %) количество нерастворимых в воде веществ увеличивается. После 15 мин термообработки при 150 °С процесс структурирования еще не заканчивается, а при 190 °С процесс близок к завершению.

Исследовали влияние рН модифицированных ЛС на их способность образовывать при термообработке нерастворимые в воде соединения.

Значения рН среды варьировали в диапазоне 1,6...9,0, добавляя в раствор лигносульфонатов алюминия, содержащий 45 % сухих веществ, раствор аммиака и серной кислоты. Растворы лигносульфонатов подсушивали до воздушно-сухого состояния на водяной бане. Термообработку проводили при 190 °С в течение 15 мин.

Количество нерастворимых веществ после термообработки как у ЛС алюминия-натрия, так и у ЛС алюминия в значительной степени зависит от их рН. Наибольшее количество нерастворимых веществ образуется у обоих лигносульфонатов при рН 1,6...2,5, если содержание алюминия в них составляет менее 2,0 % к органическим веществам. При повышении значения рН растворимость ЛС возрастает и в нейтральной среде достигает 100 %. При содержании алюминия 6,0 % к массе органических веществ способность к образованию нерастворимых в воде веществ увеличивается, особенно заметно при рН 4...7, когда их количество составляет 57,0 % (рН 4) и 63 % (рН 7).

Модификацию лигносульфонатов, содержащих катионы кальция и кальций-натрия для использования совместно с карбамидоформальдегидной смолой, осуществляли добавлением к ним сульфата алюминия. После завершения процесса катинозамещения модифицированные лигносульфонаты отделяли от образовавшегося осадка сульфата кальция и при различном соотношении с карбамидоформальдегидной смолой готовили составы связующего [16].

Показано, что процесс отверждения сопровождается образованием структуры пространственного строения с уменьшением содержания метилольных групп. Характер изменения зависит от температуры и соотношения карбамидоформальдегидной смолы и лигносульфонатов алюминия. Наименьшее количество метилольных групп обнаружено в композиции, массовое содержание лигносульфонатов алюминия в которой составляло 30 ч. Прочность клеевых соединений возрастает с повышением температуры и продолжительности отверждения и согласуется с результатами исследований процесса отверждения связующего. Для стабилизации связующего, а также снижения содержания в нем формальдегида разработаны акцентирующие добавки — моно- и диаммонийфосфаты.

По результатам проведенных исследований разработана технология модификации лигносульфонатов. На опытно-промышленной установке Сясьского ЦБК были выпущены первые партии модифицированных лигносульфонатов со следующими свойствами: содержание сухих веществ — 44,0 %, минеральных — 8,1 %, органических — 35,9 %, рН 3,2. Условная вязкость по ВЗ-4 — 36 с. Количество РВ — 2,26 %.

Выпуск опытно-промышленных партий ДСП на основе карбамидоформальдегидной смолы и модифицированных лигносульфонатов проводили на ряде предприятий отрасли. Были получены положительные результаты.

В 1987 г. на существующих площадях завода ДСП Надворнянского ЛК смонтировано оборудование, необходимое для модификации технических лигносульфонатов Сясьского ЦБК. После серии опытных работ технология модификации лигносульфонатов и производства ДСП была принята к внедрению [11].

Свойства связующего для внутреннего и наружных слоев представлены в табл. 7.

Таблица 7

Но- мер вари- анта	Соотношение компонентов, %						Свойства связующего					
	Наружные слои			Внутренний слой			Наружные слои			Внутренний слой		
	Смо- ла	МЛС	Хло- рид ам- мо- ния	Смо- ла	МЛС	Хло- рид ам- мо- ния	рН	Вяз- кость, с	Вре- мя жела- тини- за- ции, с	рН	Вяз- кость, с	Вре- мя жела- тини- за- ции, с
I	80	20	0,5	100	—	2	5,2	27	114	6,8	29	73
II	100	—	0,5	85	15	1	6,8	21	138	5,6	38	74
III	85	15	—	85	15	1	5,6	37	120	5,6	35	74
K	100	—	0,5	100	—	2	6,8	22	138	6,8	29	73

Связующее наносили на древесные частицы по касательной к потоку стружки в смесителях с быстроходными лопастными валами. Влажность осмоленной стружки для наружных слоев поддерживали на уровне 12,0...13,0 %, для внутреннего слоя 7,0...8,0 %. Подпрессовку стружечного ковра осуществляли в прессе непрерывного действия гусеничного типа, горячее прессование — в многэтажном прессе периодического действия. Условия прессования: температура — 175...180 °С, продолжительность — 0,28 мин/мм. После охлаждения ДСП подавали на форматную обрезку и шлифование.

В табл. 8 представлены результаты испытаний ДСП, полученных на Надворнянском ЛК с использованием в качестве связующего карба-мидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ (БП) и МЛС.

Таблица 8

Но- мер вари- анта	Плот- ность, кг/м ³	Предел прочности, МПа, при		Разбу- хание, %
		статиче- ском изгибе	растя- жении перпен- дику- лярно пласти	
I	753	19,9	0,56	18,6
II	717	20,6	0,55	18,3
III	742	20,3	0,60	18,8
K	733	19,7	0,53	18,7

Как видно из табл. 8, введение в связующее МЛС не снижает показателей физико-механических свойств, а для отдельных образцов плит повышает при уменьшенном на 15...20 % содержании смолы. Потребное количество лигносульфонатов в год для завода мощностью 120 тыс. м³ ДСП составит 4,5...5,0 тыс. т, сульфата алюминия — 100...150 т, экономический эффект от использования МЛС в качестве компонента связующего при изготовлении ДСП — 350...400 тыс. р. в год.

В настоящее время на кафедре в основном завершена работа по модификации лигносульфонатов на натриевом основании путем использования системы, включающей катионы высокой валентности и акцепторы формальдегида, что позволяет наряду с заменой 20...30 % карба-мидоформальдегидной смолы значительно снизить токсичность ДСП.

Расчеты показали, что потенциальная потребность в лигносульфо-натах для использования в качестве компонента связующего в произ-водстве ДСП составляет около 300 тыс. т в год. Тем самым, помимо обеспечения производства древесных плит заменителями синтетиче-ских смол, в определенной степени решаются экологические проблемы целлюлозно-бумажной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 939497 СССР, МКИ С08 L 97/02. Прессмасса для изготовления древесных плит / П. А. Хотилович, А. А. Эльберт, С. А. Сапотницкий и др.— № 2957497/23—05; Заявл. 23.07.80; Оpubл. 23.07.80 // Открытия. Изобрет.— 1980.— № 24. [2]. А. с. 1219614 СССР, 4С0 8161/24. Композиция для древесностружечных плит / А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, В. В. Васильев и др.— № 3664100/23—25; Заявл. 17.11.83; Оpubл. 23.03.86 // Открытия. Изобрет.— 1986.— № 11. [3]. А. с. 1237433 СССР, В27 N 3/02. Способ получения древесностружечных плит / А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, Б. В. Рошмаков и др.— № 3759738; Заявл. 26.06.84; Оpubл. 15.06.86 // Открытия. Изобрет.— 1986.— № 22. [4]. А. с. 1399315 СССР, 4С0 81 61/24. Полимерное связующее для древесностружечных плит / А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, А. П. Штембах и др.— № 3967494; Заявл. 12.08.85; Оpubл. 30.05.88 // Открытия. Изобрет.— 1988.— № 20. [5]. Доронин Ю. Г., Кондратьев В. П., Герасимова В. П. Снижение расхода карбамидных связующих в производстве древесностружечных плит // Деревообработ. пром-сть.— 1983.— № 3.— С. 11—13. [6]. Изучение свойств модифицированных лигносульфонатов как связующего для древесных плит / А. А. Эльберт, О. В. Дорохова, П. А. Хотилович и др. // Химия древесины.— 1985.— № 5.— С. 61—65. [7]. Коврижных Л. П. Модификация синтетических смол для древесностружечных плит: Обзор. информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром // Плиты и фанера.— 1987.— № 6.— 36 с. [8]. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвиг; Пер. с англ.— Л.: Лесн. пром-сть, 1975.— 632 с. [9]. Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит: Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 416 с. [10]. Повышение реакционной способности технических лигносульфонатов в карбамидоформальдегидном связующем для древесностружечных плит / А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, А. П. Штембах и др. // Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. науч. тр.— Свердловск: УЛТИ, 1988.— С. 39—45. [11]. Промышленное использование модифицированных лигносульфонатов в производстве древесностружечных плит / А. А. Эльберт, П. А. Хотилович, В. С. Чиркова и др. // Деревообработ. пром-сть.— 1989.— № 2.— С. 23—25. [12]. Сапотницкий С. А. Использование сульфитных щелоков.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 224 с. [13]. Структурные особенности лигносульфоната алюминия / С. А. Сапотницкий, Л. И. Крюкова, Л. М. Митрофанова, Л. Г. Солодухина // Химия древесины.— 1988.— № 3.— С. 80—82. [14]. Эльберт А. А. Химическая технология древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 224 с. [15]. Эльберт А. А., Коврижных Л. П., Козловский И. Ф. Влияние персульфата аммония на отверждение карбамидных смол, совмещенных с лигносульфонатами // Химия древесины.— 1988.— № 1.— С. 90—94. [16]. Эльберт А. А., Хотилович П. А., Сапотницкий С. А. Связующее на основе карбамидоформальдегидной смолы и лигносульфонатов для древесностружечных плит // Деревообработ. пром-сть.— 1984.— № 4.— С. 6—8. [17]. Ayla S., Nimz H. Die Verwendung von Ablaugen-lignin bei der Herstellung von Holzwerkstoffen // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1984.— N 11.— S. 415—419. [18]. Bera S. C., Pillai C. K., Satyanarayana K. G. Lignin in spent liquor as a source of polymeric resin adhesive // Journal of Scientific and Industrial Research.— 1985.— N 11.— p. 599—606. [19]. Nimz H. H., Hitze G. The application of spent liquor as an adhesive for particleboards // Cellulose Chem. Technol.— 1980.— N 3.— P. 371—382. [20]. Wotten A. L., Sellers T., Paridah Md Tahir. Reaction of formaldehyde with lignin // Forest Products Journal.— 1988.— N 6.— P. 45—46.

Поступила 3 июля 1989 г.

УДК 676.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ
СТРУКТУРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БУМАГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДА**

*Б. П. ЕРЫХОВ, М. Г. КРЫМЕР, А. С. ГОЛОВКОВ,
А. А. ЕВСЕЕВ, Л. А. ШЕРБИН*

ЦИНИИБ

В настоящее время системы электростатической записи информации широко применяют в выводных устройствах ЭВМ, геофизической, сейсмической, медицинской аппаратуре [2]. Электростатическая запись

позволяет фиксировать электрические импульсы микросекундной длительности, вследствие чего ее можно использовать при отображении быстротекущих процессов, для которых использование иных способов регистрации связано с большими техническими затруднениями. Электростатические записывающие устройства надежны, удобны и экономичны в эксплуатации.

В качестве носителя информации в системах электростатической записи применяют специальный целлюлозный композиционный материал с заданным комплексом электрофизических свойств (электростатическая бумага), состоящий из электропроводной бумаги-основы и нанесенного на нее диэлектрического слоя [6]. Специфические эксплуатационные свойства, определяющие электростатическую бумагу как отдельный вид, сводятся к способности воспринимать и удерживать на поверхности диэлектрического слоя заряд, достаточный для удержания и закрепления на ней частиц тонера после проявления. Данный комплекс свойств обеспечивается композицией диэлектрического слоя, включающей электроизоляционное полимерное связующее и наполнитель с высокой удельной поверхностью.

Скрытое электростатическое изображение на данном материале создается путем избирательной зарядки его поверхности при прохождении под системой записывающих электродов, на которые подаются соответствующие импульсы напряжения [5]. Электрическая цепь в процессе записи замыкается через электропроводную бумагу-основу и контрэлектроды, значительно превосходящие по площади записывающие электроды.

Способность материалов подобного типа воспринимать поверхностный заряд характеризуется величиной приведенного потенциала зарядки, определяемой как отношение потенциала зарядки материала к толщине соответствующего диэлектрического слоя [3].

В настоящее время недостаточно исследована зависимость электрофизических характеристик электростатической бумаги, определяющих ее работоспособность, от структуры наносимых функциональных покрытий. При изучении этой зависимости особый интерес представляет сопоставление электрофизических характеристик диэлектрического слоя с его механическими свойствами. Однако определить последние традиционными разрушающими методами не удастся, поскольку вклад таких слоев в прочностные характеристики электростатической бумаги в целом незначителен, а их изготовление отдельно от бумаги-основы (с сохранением всех свойств, определяемых условиями формирования) принципиально невозможно. В связи с этим в данной работе физико-механические характеристики диэлектрических слоев бумаги исследовали высокочастотным резонансным методом.

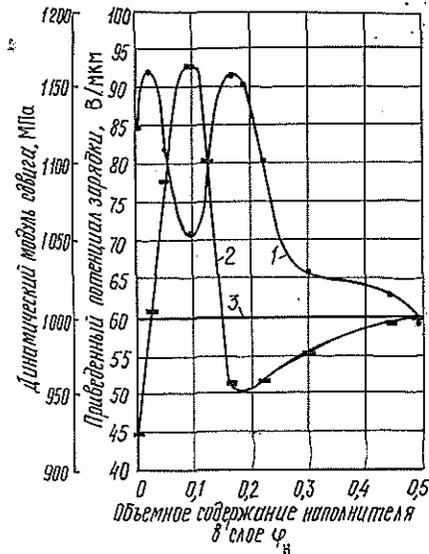
В качестве объектов исследования использовали образцы электростатической бумаги с диэлектрическим покрытием из сополимера бутилового эфира метакриловой кислоты и метакриловой кислоты марки БМК-Б, наполненного пироженным смешанным оксидом титана и кремния, модифицированным диметилдихлорсиланом марки ОТАС. Объемные доли наполнения диэлектрических покрытий варьировали от 0 до 0,50. Заряжаемость образцов определяли на электрометрическом стенде бесконтактным методом [1] после их кондиционирования при 20 % относительной влажности воздуха. За показатель заряжаемости принимали потенциал образца через 5 с после прекращения коронного разряда.

Физико-механические свойства образцов оценивали по динамическому модулю, определяемому методом крутильных колебаний с помощью установки УРОМС [4].

Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Резкое возрастание динамического модуля сдвига при увеличении объемной доли наполнения до 0,10 свидетельствует о том, что в данной области наполнения значительно возрастает жесткость диэлектрического слоя. Дальнейшее увеличение наполнения (от 0,10 до 0,18) приводит

Рис. 1. Зависимость электрофизических и физико-механических показателей электростатической бумаги от содержания в диэлектрическом слое наполнителя: 1 — приведенный потенциал зарядки; 2 — динамический модуль сдвига электростатической бумаги; 3 — динамический модуль сдвига бумаги-основы



к не менее резкому падению динамического модуля сдвига, что указывает на уменьшение жесткости слоя до уровня, характерного для области малых степеней наполнения (менее 0,01).

Наблюдаемые скачкообразные изменения упругих свойств диэлектрического слоя однозначно указывают на качественные переходы в его структуре, которые можно объяснить исходя из представлений о надмолекулярном механизме взаимодействия полимерного связующего с поверхностью наполнителя. Как частицам используемого наполнителя (титаноаэросила), так и глобулам связующего БМК-5, являющегося типичным неполярным полимером, свойственна сфероидальная форма.

Известно, что взаимодействие твердого наполнителя с термодинамически совместимым полимером резко ограничивает конформационную подвижность макромолекул последнего. Поэтому области наибольшей жесткости диэлектрического слоя должна соответствовать структура с максимальным количеством межфазных контактов, приходящихся на единицу объема слоя.

Можно показать, что такое условие в двухкомпонентной дисперсной структуре обеспечивается, если общие поверхности контактирующих дисперсных фаз в единице объема слоя равны.

Поскольку в рассматриваемом случае максимальной жесткостью обладает слой с относительно высокой объемной долей связующего (0,9) и малой объемной долей наполнителя (0,1), то можно сделать вывод, что средний размер глобул связующего значительно превосходит размер частиц используемого наполнителя и структура слоя может быть представлена моделью, схематично изображенной на рис. 2, а.

Исходя из этой модели, рассчитаем соотношение между радиусами глобул полимера r_n и частиц наполнителя $r_{нн}$.

Если в единице объема слоя находится N_n глобул полимера, тогда суммарная поверхность глобул в единице объема

$$S_n^{\Sigma} = 4\pi r_n^2 N_n, \quad (1)$$

а объемная доля полимера в слое

$$\varphi_n = \frac{4}{3} \pi r_n^3 N_n. \quad (2)$$

Взяв отношение левых и правых частей выражений (1) и (2), получим:

$$S_n^y = \frac{3\varphi_n}{r_n}. \quad (3)$$

Поскольку каждая частица наполнителя контактирует с двумя глобулами полимера, то количество частиц наполнителя N_n , приходящихся на суммарную поверхность глобул полимера в единице объема слоя, можно определить по формуле:

$$N_n = \beta \frac{S_n^y}{2\pi r_n^2}, \quad (4)$$

где β — коэффициент плотности упаковки сферических частиц наполнителя на поверхности полимерных глобул, равный 0,907 для гексагональной упаковки шаров.

Следовательно, объемную долю наполнителя φ_n в слое, структура которого представлена на рис. 2, а, можно найти по формуле:

$$\varphi_n = \frac{4}{3} N_n \pi r_n^3. \quad (5)$$

Подставляя выражение для N_n из формулы (4), получим окончательное выражение для объемной доли наполнителя:

$$\varphi_n = \frac{2}{3} \beta S_n^y r_n. \quad (6)$$

Находя выражения для r_n и r_n из формул (3) и (4), получим следующую связь:

$$\frac{r_n}{r_n} = 2\beta \frac{\varphi_n}{\varphi_n}. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (7) численные значения для $\varphi_n = 0,9$ и $\varphi_n = 0,1$, находим:

$$\frac{r_n}{r_n} = 16,3. \quad (8)$$

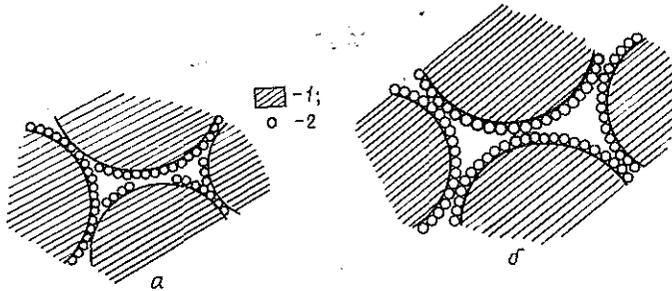


Рис. 2. Модель структуры диэлектрического слоя при объемной доле наполнения: а — 0,10; б — 0,18; 1 — глобула полимера; 2 — частица наполнителя

Резкое падение жесткости при увеличении объемной доли наполнения свыше 0,1 свидетельствует о преобразовании структуры в качественно новое состояние, при котором взаимодействие между структурными элементами предельно ослабляется, а каждая частица наполнителя контактирует лишь с одной глобулой полимера, что соответствует модели слоя, схематично изображенного на рис. 2, б.

В случае второй модели в знаменателе формулы (4) число 2 исчезает, и с учетом того, что $\varphi_n + \varphi_n = 1$, объемное содержание наполнителя, соответствующее этой модели, определяем из выражения:

$$\varphi_n = \frac{1}{1 + \frac{1}{4\beta} \frac{r_n}{r_n}}. \quad (9)$$

Если в (9) подставить определенное ранее значение $\frac{r_n}{r_n} = 16,3$, то получаем:

$$\varphi_n = 0,182.$$

Рассчитанное значение φ_n хорошо совпадает с объемным содержанием наполнителя, при котором (как видно из рис. 1) действительно завершается падение жесткости диэлектрического слоя.

Некоторое повышение динамического модуля сдвига, наблюдаемое при увеличении объемной доли степени наполнения свыше 0,18, можно объяснить, если учитывать изменения физико-механических свойств подложки, происходящие в процессе формирования диэлектрического слоя. Используемый в композиции диэлектрического слоя толуол частично впитывается в подложку и вызывает набухание электропроводного покрытия. В результате происходит релаксация внутренних напряжений, возникающих в подложке после ее поверхностной обработки в клеильном прессе, сушки и отделки на суперкаландре. В конечном итоге структура подложки разрыхляется, ее средняя толщина увеличивается на 2...3 %, а динамический модуль сдвига соответственно падает на 5...7 %.

Такое воздействие применяемого растворителя на подложку ослабляется по мере увеличения степени наполнения диэлектрического слоя, поскольку растворитель быстрее удаляется с поверхности слоя в процессе сушки.

На основании проведенного анализа можно объяснить наблюдаемую зависимость электрофизических свойств диэлектрического слоя от его композиционного состава.

Начальный подъем потенциала зарядки при увеличении объемной доли наполнения слоя до 0,022 обусловлен ограничением деструктурирующего влияния неоднородной поверхности подложки на структуру формирующегося полимерного слоя при введении в его состав термодинамически совместимого со связующим наполнителя — смешанного оксида титана и кремния с поверхностью, модифицированной неполярными соединениями,

Локальный минимум заряжаемости при $\varphi_n = 0,1$ соответствует максимуму жесткости. Это обусловлено тем, что по мере уменьшения эластичности диэлектрический слой теряет способность релаксировать внутренние напряжения, создающиеся в процессе его формирования. Под действием таких напряжений в слое возникают многочисленные микродефекты, резко снижающие потенциал зарядки.

Восстановление эластичности слоя при увеличении φ_n от 0,1 до 0,18 сопровождается повышением заряжаемости слоя до исходного уровня. Дальнейшее увеличение степени наполнения вызывает разрыхление структуры слоя, появление в нем микропор и понижение потенциала зарядки.

Таким образом, исследование физико-механических свойств многослойного композиционного материала (электростатической бумаги), проведенные с использованием высокочастотного резонансного метода, позволили выявить особенности структуры диэлектрического слоя материала и раскрыть их взаимосвязь с электрофизическими характери-

стиками слоя, определяющими работоспособность материала в системах электростатической записи информации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гайдялис В. И., Маркевич Н. Н., Монтримас Э. А. Физические процессы в электрофотографических слоях ЗпО.— Вильнюс: Минтис, 1968.— 486 с. [2]. Зосим З. Л., Максимова Т. А. Применение и свойства копировальных видов бумаги: Обзор. информ. / ВНИПИЭИлеспром.— М., 1972.— 36 с. [3]. Исследование влияния композиционного состава диэлектрических покрытий на электрофизические показатели электрографических материалов / А. С. Головков, А. В. Морев, Е. Ф. Воронин и др. // Исследование физико-химических свойств бумаги: Сб. тр. / ЦНИИБ.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— С. 76—85. [4]. ОСТ 13-163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности.— М.: Изд-во стандартов, 1983.— 15 с. [5]. Пат. 3717859 США, Electrographic record system, having a self spacing medium / A. D. Brown, C. Heights, J. Blumental.— Оpubл. в 1973 г. [6]. Kogczinski A., Rogaczewski L. Papiery do zapisu elektrostatycznego // Przegląd papierniczy.— 1978.— N 8.— S. 271—281.

Поступила 12 сентября 1989 г.

УДК 630* 892.6

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СКИПИДАРА (БЕЗ ПИНЕНА) И ЕГО КОМПОНЕНТОВ В ПРИСУТСТВИИ ТИТАНОВОГО КАТАЛИЗАТОРА

А. Я. КИПОВСКИЙ, В. А. ВЫРОДОВ, Г. А. СТЕПАНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

При производстве пиненов и синтетической камфары в качестве побочного продукта в значительных количествах образуется низкосортный скипидар без пинена, который не всегда квалифицированно используют для дальнейшей переработки. В 1979 г. на Борисовском бумажно-лесохимическом заводе на основе экстракционного и обеспиненного скипидара было организовано производство полимеров терпенов, однако выход целевого продукта по принятой технологии составляет не более 50...55 %. Благодаря своим уникальным свойствам, полимеры терпенов нашли широкое применение во многих отраслях промышленности: при получении различных адгезивов, клеев-расплавов, клеев, чувствительных к давлению [4, 5]; в композициях для замазливателей стекловолокна, при изготовлении твердых и жидких лыжных мазей [1, 6]; в ряде рецептур лакокрасочных материалов. Круг потребителей полимеров терпенов постоянно расширяется, уже сегодня спрос на этот ценный продукт значительно превышает его производство.

В связи с этим возникла необходимость совершенствовать существующую технологию полимеризации скипидара с целью увеличения выхода целевого продукта.

Ранее [2] было показано, что наиболее высокий выход полимерных продуктов достигается при использовании титанового катализатора СТП-82; при этом качество получаемых полимеров полностью соответствовало предъявляемым требованиям.

Исходя из вышесказанного, для изучения реакции полимеризации в качестве исходного сырья был выбран живичный скипидар без пинена, а в качестве катализатора — титановый катализатор СТП-82 Горьковского ПО Оргсинтез. Кинетические закономерности реакции полимеризации в жидкой фазе изучали в интервале температур 100...160 °С. Отдельно рассматривали превращения основных компонентов

скипидара, а также скипидара в целом. Так как скипидар без пинена в большинстве случаев содержит эмульгированную воду (объемная доля до 1,5 %*), то перед подачей на переработку его приходится сушить. Поэтому рассмотрены вопросы о влиянии влаги на выход и качество целевых продуктов.

Все опыты проводили в реакторе с геометрически подобной мешалкой при постоянном числе оборотов, обеспечивающем интенсивное механическое перемешивание реакционной смеси. Количество катализатора во всех опытах составляло 2,5 % от массы сырья, продолжительность реакции изменялась от 0,25 до 3,0 ч.

Статистическую обработку экспериментальных данных и построение кинетических кривых осуществляли при помощи ЭВМ ЕС-1020. Кинетические константы рассчитывали на основании основного уравнения массопередачи и метода «сечений» [3], позволяющего учитывать не только энергию активации диффузионных процессов, но и энергию химических превращений. Кинетические константы реакции полимеризации определяли по изменению суммарной концентрации монотерпенов и концентрации отдельных терпеновых углеводородов, входящих в состав скипидара. Суммарную концентрацию монотерпенов находили весовым способом после вакуум-дистилляции реакционной массы через определенные промежутки времени. Концентрацию отдельных терпеновых углеводородов определяли методом ГЖХ.

По результатам проведенных работ (рис. 1) установлено, что основное количество полимерных продуктов образуется за счет 3-карена и дипентена, в меньшей степени — за счет терпинолена. Такие соединения, как парацимол, γ - и α -терпинены, практически не участвуют в реакции полимеризации. Другие монотерпены, имеющие низкие начальные концентрации, полностью или частично вступают в реакцию диенового синтеза.

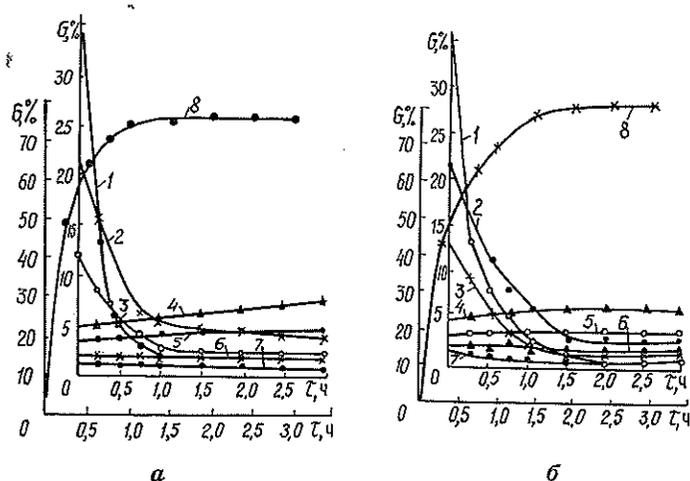


Рис. 1. Зависимость изменения массовой доли G , %, основных компонентов обезвоженного скипидара без пинена (а) и скипидара без пинена, содержащего объемную долю воды 1,5 % (б), от продолжительности процесса τ , ч, при температуре 160 °С: 1 — 3-карен; 2 — дипентен; 3 — терпинолен; 4 — парацимол; 5 — α -терпинен; 6 — γ -терпинен; 7 — камфен; 8 — полимеры терпенов

Характер полученных кинетических кривых (рис. 2) свидетельствует о том, что полимеризацию скипидара, как обезвоженного, так и с объемным содержанием воды $\sim 1,5$ %, можно рассматривать как реакцию первого порядка.

Найденные значения условных констант скоростей реакций K , температурных коэффициентов γ и эффективных энергий активации E и E_c полимеризации для обезвоженного скипидара и его основных

* Это максимальное количество воды, которое способно образовать со скипидаром стойкую эмульсию.

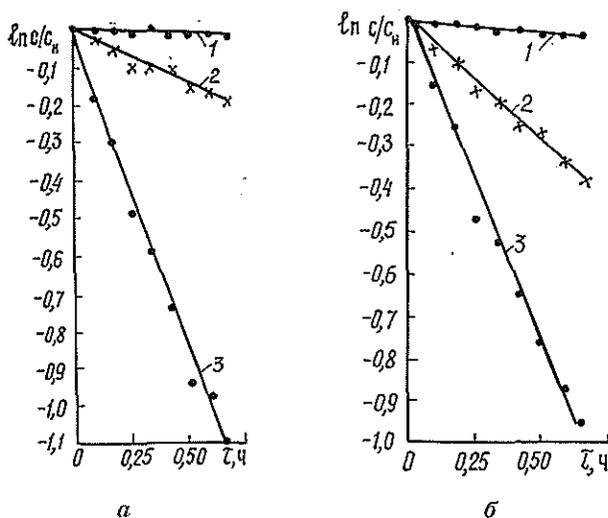


Рис. 2. Зависимость изменения значения $\ln c/c_n$ от продолжительности процесса полимеризации τ , ч, обезвоженного скипидара (а) и скипидара, содержащего объемную долю воды 1,5 % (б), при трех значениях температуры: 1 — 100; 2 — 140; 3 — 160 °С; c — суммарная концентрация монотерпенов в реакционной смеси на момент времени τ ; c_n — начальная суммарная концентрация монотерпенов в реакционной смеси

компонентов приведены в числителе таблицы, а для скипидара с объемной долей воды $\sim 1,5\%$ — в знаменателе таблицы.

Из данных таблицы видно, что с увеличением температуры скорость реакции полимеризации скипидара возрастает при температурном коэффициенте 2,5. Это дает основание ожидать наибольшего выхода полимерных продуктов при высоких температурах процесса. В то же время характер кривых (рис. 3) свидетельствует о снижении скорости реакции во времени, что можно объяснить уменьшением концентрации монотерпенов в реакционной среде, а также частичным «отравлением» катализатора.

Из таблицы также видно, что полимеризация скипидара с объемным содержанием воды 1,5 % с точки зрения кинетики протекает аналогично обезвоженному скипидару, правда, при более низком температурном коэффициенте.

Терпеновый углеводород	$K \cdot 10^{-9}$, 1/с, при температуре, °С			γ	E , кДж/моль	E_c , кДж/моль
	100	140	160			
3-карен	1,25	11,84	108,64	3,0	100	112
	2,25	48,42	156,92	1,8	95	115
Дипентен	1,32	5,68	38,22	2,6	75	83
	2,47	18,52	75,17	2,0	76	100
Терпинолен	—	3,92	47,89	3,5	186	180
	—	22,85	107,25	2,2	115	120
Скипидар без пинена (в целом)	1,06	8,08	50,08	2,5	86	88
	2,28	22,13	58,75	1,6	73	81

Примечание: E — эффективная энергия активации, рассчитанная в соответствии с уравнением Аррениуса; E_c — эффективная энергия активации, вычисленная при использовании метода сечений.

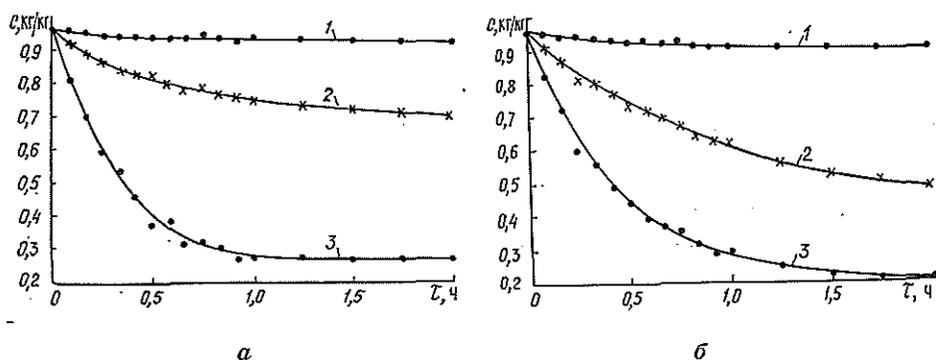


Рис. 3. Кинетические кривые изменения суммарной концентрации c , кг/кг, монотерпенов обезвоженного скипидара (а), скипидара, содержащего объемную долю воды 1,5 % (б), в зависимости от продолжительности процесса полимеризации τ , ч, при трех значениях температуры: 1 — 100; 2 — 140; 3 — 160 °С

Сопоставляя кинетические константы, полученные для скипидара в целом и для отдельных монотерпенов (с учетом их начальных концентраций), можно сказать, что они хорошо согласуются между собой. Учитывая, что суммарную концентрацию монотерпенов определяли весовым методом после вакуум-дистилляции полимеризата (т. е. принимали во внимание лишь полимеризационные процессы), а концентрацию отдельных мономеров находили газожидкостной хроматографией (т. е. учитывали как поли-, так и изомеризационные процессы), можно сделать вывод, что основная роль в рассматриваемом процессе принадлежит реакциям полимеризации при незначительных изомеризационных превращениях.

Механизм влияния воды на увеличение выхода полимеров терпенов достоверно не установлен. Можно предположить, что титановый катализатор, обладающий высокими влагопоглощающими свойствами, адсорбирует эмульгированную в скипидаре воду. При разогревании реакционной смеси, еще при сравнительно низких температурах (80...100 °С), на поверхности катализатора начинают протекать химические процессы с характерным экзотермическим эффектом. В результате происходит резкое разогревание катализатора, что, в свою очередь, приводит к быстрому вскипанию находящейся в его порах воды. Следовательно, поверхность катализатора освобождается от осевших на ней продуктов реакции, что в определенной степени сохраняет активность катализатора во времени и улучшает гидродинамические условия проведения процесса. С выходом на высокие значения температуры катализатор практически полностью освобождается от поглощенной влаги; на его поверхности вновь накапливаются окисленные полимерные продукты. В пользу такого предположения свидетельствуют экспериментальные данные, показывающие, что при объемном содержании в скипидаре 1,5 % воды выход неокисленных (светлых) полимеров возрастает на 4...5 % с увеличением количества темноокрашенных (окисленных на поверхности катализатора) продуктов на 2 %. Суммарный же выход полимеров терпенов возрастает на 6...7 % по сравнению с обезвоженным скипидаром.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бардышев И. И. Синтетические и модифицированные продукты на основе канфоли и скипидара: Сб. науч. тр. ЦНИЛХИ.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— Вып. 18.— С. 81—94. [2]. Выродов В. А., Старцева Л. Г., Степанова Г. А. Каталитические превращения компонентов скипидара и получение полимеров терпе-

нов: Обзор, информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986.— 44 с.— (Лесохимия и подсочка; Вып. 3). [3]. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов.— М.: Химия, 1969.— 624 с. [4]. Нестерова Е. Т., Старостина Е. Б. Обзор производства и применения для адгезивов клейких смол на основе терпеновых углеводородов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1979.— № 4.— С. 11—12. [5]. Пат. 4356409 США, МКИ В 60 Р 13/00. Липкие ленты / (США).— № 239222; Заявл. 27.02.81; Опубл. 09.11.82. [6]. Старостина Е. Б., Нестерова Е. Т., Сидельников А. И. Направления использования скипидара // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1987.— № 1.— С. 26—27.

Поступила 22 января 1990 г.

УДК 630*18

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

И. В. КУДРЯВЦЕВА, О. А. ТЕРЕНТЬЕВ, А. И. ШИШКИН

Научный совет по проблеме комплексного использования
и воспроизводства лесных ресурсов МКС АН СССР в Ленинграде
Ленинградский технологический институт ЦБП

Проблемы экологии в развитии лесного комплекса являются в настоящее время определяющими по всем его подотраслям. Экологичность всего цикла, начиная с технологии заготовки исходного сырья и до производства конечного продукта, до последнего времени не оценивали, а рассматривали отдельные участки.

В настоящее время обеспечить высокую экологичность всего лесного комплекса можно лишь по системному принципу на основе комплексного подхода к эксплуатации и восстановлению биогеоценоза.

Единых критериев оценки системы экологичности не существует, поэтому необходимо применить в зависимости от региональных условий различные концепции эколого-экономической оптимизации взаимодействия производств отдельных подотраслей лесного комплекса с окружающей средой.

Это относится к проблеме лесовосстановления и лесозаготовки, лесопилению и деревообработке, целлюлозно-бумажному и гидролизному производствам. Достижение оптимальных с экологических позиций выходных параметров для каждой подотрасли с учетом всего производственного цикла может быть обеспечено за счет:

- 1) целенаправленной инвестиционной политики;
- 2) обособования очередности экологического совершенствования отдельных этапов технологического цикла с учетом показателей экономического приоритета;
- 3) внедрения высокоэффективных малоотходных ресурсосберегающих технологий и оборудования, обеспечивающих выполнение критериев допустимой экологической нагрузки на окружающую среду.

Основные отходы лесопильного производства — это опилки, щепы, отсев, кора и древесная пыль. В последние годы в условиях сложившегося дефицита древесного сырья и повышения его стоимости, данные отходы стали использовать для производства технологических и топливных брикетов. Вместе с тем, еще высок процент не используемых на технологические нужды отходов, которые в большинстве своем являются «загрязнителями», отрицательно действующими на окружающую среду.

Основные потребители воды на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях — бассейны лесопильного и окорочного цехов, цехи ДВП, ДСП, мебели и фанеры. Схема очистки стоков от бассейна увеличивает мощность проектируемых головных сооружений и капиталовложения на их строительство на 20...40 %.

Для гидролизных предприятий характерен сравнительно невысокий выход основных целевых продуктов, который составляет лишь 20... 30 % от массы абс. сухого сырья. Остальное количество органической биомассы растительного сырья переходит в состав побочных продуктов производства и отходов. Предприятия гидролизного профиля ежегодно потребляют до 300 млн м³ свежей воды с образованием примерно такого же количества сточных вод. В расчете на 1 т абс. сухого перерабатываемого сырья расход производственной воды составляет 30... 50 м³. Остаточная загрязненность биологически очищенных вод не должна превышать 10... 20 мг О₂/л по показателю БПК₅ и 15... 20 мг О₂/л по взвешенным веществам.

Стабильное функционирование замкнутой по жидкостным потокам системы возможно при соответствии общей массы вводимых органических и неорганических веществ и выводимых из системы веществ.

Скорейшая разработка и внедрение бессточных схем водопользования — это наиболее эффективный путь решения экологических проблем на действующих предприятиях.

Среди отраслей лесного комплекса целлюлозно-бумажная промышленность оказывает одно из наиболее неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

На современном этапе развития целлюлозно-бумажных производств удельные сбросы загрязнений на единицу товарной целлюлозы, бумаги, картона, древесной массы (условная продукция) составляют 22 кг БПК₅/т, 13 кг взвешенных веществ/т; удельное водопотребление составляет 170 м³ на 1 т продукции, что соответствует уровню мировых зарубежных показателей; средний уровень водооборота составляет 65 %, однако для ряда бумажных и картонных производств эта величина достигает 90 %.

Основной фактор, определяющий высокий уровень сброса органических загрязнений с предприятий ЦБП, — нерешенность вопроса полной утилизации сульфитных щелоков. Отбор щелоков при сульфитном способе составляет 60... 70 %. Сульфатное производство целлюлозы обеспечивает на 90 % отбор щелоков, их выпарку, сжигание и возврат химикатов в технологический цикл.

Отсутствие решений по утилизации сульфитных щелоков предопределяет основной вклад данной технологии в общий сброс загрязнений: 50 % сброса БПК₅ с основного производства, 85 % сброса БПК₅ в водоемы от общих загрязнений отрасли.

В мировой практике прослеживается тенденция сокращения масштабов сульфитного производства и вытеснения его сульфатным способом производства целлюлозы, который и в нашей стране до 2000 года останется одним из основных.

Другой фактор, снижающий эффективность природоохранных мероприятий, — нерешенность вопросов обработки и утилизации осадков сточных вод. До настоящего времени из общего количества образующихся осадков (около 1 млн т/год по а.с.в.) лишь 6 % обезвреживаются, 3 % сжигаются и 0,5 % утилизируются.

Не менее остро стоит в отрасли вопрос об охране атмосферного воздуха. Основные источники загрязнения атмосферы сульфатно-целлюлозными предприятиями (на которых производится более 80 % целлюлозы в отрасли) — содорегенерационные котлоагрегаты (СРК), извещерегенерационные печи (ИРП), варочные и выпарные цеха, а также растворители плава СРК.

К числу важнейших научно-технических проблем, решение которых необходимо для предотвращения загрязнения окружающей среды, относятся (технологические мероприятия здесь не рассматриваются) следующие.

1. Разработка принципиально новых безотходных экономичных способов получения целлюлозы, комплексной переработки древесного сырья и создания необходимого оборудования.

2. Разработка эффективных способов утилизации органического комплекса сточных вод сульфитно-целлюлозного производства.

3. Создание эффективных систем регенерации щелоков с утилизацией органического комплекса и деминерализации сточных вод на основе мембранной, ионообменной, абсорбционной технологии.

4. Создание комплексных методов очистки и рекуперации сточных вод и газопылевых выбросов с использованием флокулянтов, коагулянтов и активаторов процессов на основном производстве и в очистке сточных вод.

5. Разработка способов биохимической переработки отходов производства и сточных вод для получения белково-кормовых добавок.

6. Разработка математического и программного обеспечения регионально-отраслевого мониторинга с целью оперативного прогнозирования и управления системой предприятие — водный объект.

7. Разработка принципов экологического нормирования выбросов ЦБП и установление экологически обоснованных предельно допустимых сбросов для различных водных бассейнов.

8. Разработка методов и средств автоматизированного контроля качества сточных вод ЦБП до и после очистки.

9. Разработка системы экономического стимулирования и обоснование водоохраных мероприятий.

Научным Советом совместно с Комиссией по охране природных вод АН СССР и Минлеспромом СССР были рассмотрены эти вопросы в марте 1987 г., и по итогам этого рассмотрения Минлесбумпром СССР разработал программу природоохранной деятельности до 2000 года.

Природоохранная программа в ЦБП предполагает, с одной стороны, резкое сокращение сброса загрязнений с основного производства за счет повышения степени отбора щелоков на сульфитных производствах до 95 %, а на сульфатных до 98...99 %, кислородно-щелочную отбелку и более широкое использование перекиси для снижения образования хлорорганических соединений, повышение степени водооборотов за счет развития локальных методов очистки, а с другой — развитие внеплощадочных очистных сооружений и переработку и утилизацию осадков.

Даже значительное снижение промышленных выбросов ЦБП, предусмотренное программой, не позволит полностью обеспечить существующие нормативные требования. В составе газопылевых выбросов компонентом, по которому не будет достигнут уровень предельно допустимой концентрации (ПДК), является метилмеркаптан, для которого ПДК в приземном слое атмосферы населенных мест чрезвычайно мала и составляет $9 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Столь низкие концентрации даже не поддаются надежному аналитическому определению с помощью применяемых в настоящее время методов. В то же время другой компонент — сероводород, по токсичности превышающий метилмеркаптан, имеет ПДК на 3 порядка больше ($8 \cdot 10^{-2}$ мг/м³), что свидетельствует об отсутствии системы в нормировании показателей.

При существующей технологии достижение и контроль ПДК метилмеркаптана невозможны. Как показывают расчеты, одни только неорганизованные технологически неизбежные выбросы общеобменной вентиляции производственных цехов создают на расстоянии 10 км (санитарно-защитный разрыв по СН-245—74) концентрации метилмеркаптана на 2 порядка выше ПДК. Следовательно, необходим контроль всего комплекса технологического оборудования предприятия.

Другим нормируемым показателем, обеспечить который практически невозможно при существующей даже самой прогрессивной технологии в мировой практике, является БПК сбрасываемых в водоемы сточных вод. В соответствии с «Методическими указаниями для установления предельно допустимых сбросов...», утвержденными Минводхозом СССР 11 февраля 1982 г., органы государственного надзора требуют от большинства предприятий ЦБП соблюдения БПК_{полное} очищенной сточной воды на уровне 3 мг/л. По оценке ВНПОбумпрома, это соответствует величине БПК₅, равной 0,06 мг/л, и удельным сбросам загрязнений около 0,01...0,02 кг БПК₅/т целлюлозы, т. е. примерно на 2 порядка ниже достигнутого мирового уровня.

Если все же исходить из этой величины, то ориентировочные расчеты затрат на ее достижение приводят к выводу, что затраты на очистку сточных вод в несколько раз превысят объем реализации продукции в ЦБП, составляющий 9 млрд р./год.

Следует также отметить, что для определения БПК_{полного} сточных вод ЦБП стандартным методом разведения требуется около одного года, что делает этот показатель технически неприемлемым. По этой причине за рубежом используют БПК₅ или БПК₇, а не БПК_{полное}.

В настоящее время разрабатывают ПДК для лигнина и его производных. По предварительным оценкам ПДК должна составить около 1 мг/л, что во многих случаях, предусмотренных в природоохранной программе отрасли, скажется недостижимым.

Следовательно, современный уровень развития мировой науки и техники не может обеспечить существующие в настоящее время в СССР нормативные требования на сброс сточных вод ЦБП при сохранении экономической целесообразности работы предприятий. В других странах этот вопрос не стоит так остро, и принятые нормативы вполне достижимы (программой предусмотрен сброс ниже уровня зарубежных нормативов в несколько раз). Этот факт косвенно свидетельствует о несовершенстве системы нормирования выбросов в нашей стране.

Анализ сложившегося положения позволяет сделать ряд выводов.

— Существующая система природоохранных норм и правил не охватывает многих положений, направленных на рационализацию природопользования на основе современных достижений науки и техники, и не снижает удельный эколого-экономический ущерб на единицу продукции. Необходимы взаимоувязка природоохранного и хозяйственного законодательства, обеспечение сохранности природных объектов и комплексов в пределах допустимого экологического воздействия на основе текущих и перспективных нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) на единицу продукции.

— В недостаточной степени разработана система эколого-экономических оценок и расчетов. Отсутствуют унификация и стандартизация методов гидрохимических наблюдений, последние не стыкуются с гидробиологическим контролем.

— Не скоординированы нормативы различных контролирующих министерств и ведомств. Так, Госкомгидромет регламентирует 66 показателей (из них 28 для районов сброса сточных вод ЦБП), а специфических указывает 12 (фенол, сульфатный лигнин, лигносульфонаты, спирты, сахара, метанол, фурфурол, целлюлоза и др.). Минводхоз регламентирует от 30 до 40 показателей, в том числе 10...15 специфических для ЦБП. Минздрав и Главрыбвод имеют свои перечни показателей.

— Отсутствует государственная программа научных исследований в области разработки и совершенствования природоохранных норм и правил в целом по проблемам природопользования. Нет органа государственного управления, заинтересованного в проведении исследова-

ний и способного выполнить функции заказчика экологических исследований. Необходима единая общегосударственная система управления природопользованием в стране не только отдельных отраслей, а всего народного хозяйства в целом.

Проведенный анализ показывает, что и в области комплексной переработки древесного сырья и охраны окружающей среды наблюдается отставание уровня развития отечественной науки от достигнутого за рубежом.

Вопросы комплексного использования древесного сырья в стране рассматривались на расширенном заседании бюро отделения физико-химии и технологии неорганических материалов (ОФХ и ТНМ) АН СССР 31 ноября 1988 г., где был отмечен ряд отечественных разработок, отличающихся принципиальной новизной исполнения, соответствующих мировому уровню и находящихся на стадии промышленного освоения.

Было указано, что в СССР водопотребление на единицу выпускаемой продукции значительно превышает уровень, принятый в развитых странах. Лесоистощительная заготовка древесины приводит к серьезному нарушению экологического баланса, влияющего на флору и фауну крупных регионов страны.

Технологические процессы комплексной переработки древесного сырья исследованы недостаточно. Ряд важнейших направлений фундаментальных и прикладных научных исследований, позволяющих создать принципиально новые технологические процессы, характеризующиеся экологической безопасностью, многими организациями выполняются некомплексно, малыми силами, как правило, заканчиваются лабораторными исследованиями, подтверждающими принципиальную достоверность научной идеи, но далекими от промышленного внедрения.

Было признано необходимым сосредоточить усилия ученых на ряде важных научных направлений:

— принципиально новых экологически чистых методах производства целлюлозы с существенным сокращением материалоемкости, энергоемкости и расходов сырья на единицу продукции;

— полном промышленном использовании лигнина;

— комплексном использовании отходов лесозаготовительного и лесоперерабатывающего производств;

— теоретическом обосновании и разработке методов производства широкой номенклатуры продуктов из всей биомассы дерева методами химической переработки.

В результате конкурсного отбора в 1989 г. приоритетное финансирование получили три крупные темы целевой комплексной программы фундаментальных исследований на 1986...1995 гг.: а) «Комплексное использование древесины и оптимизация ее воспроизводства»; б) «Математическое моделирование и компьютерная физикохимия процессов переработки древесины» (Ин-т физики АН БССР, Ин-т химии древесины АН ЛатвССР, ЛТИ ЦБП, ЛТА, ВНПОбумпром); в) «Разработка научных основ и проекта региональных экологических нормативов (ПДЭН) допустимой нагрузки на водные объекты Северо-Западного региона» (ЛТИ ЦБП, Ленингр. филиал отраслевого центра по охране окружающей среды, ЛПИ, ЛИСИ и др.).

На основе методов математического моделирования разработан обширный комплекс сервисных программ, позволяющий впервые получить путем теоретических расчетов (с учетом межмолекулярных взаимодействий) и математической обработки спектроскопической информации ряд фундаментальных характеристик структуры целлюлозы (водородные связи, энергетические, электрооптические и другие характе-

ристики) и составных фрагментов лигнина. Комплекс составит основу автоматизированного рабочего места для неразрушающего оптико-спектроскопического контроля процесса делигнификации древесины, что необходимо для разработки экологически чистых производств.

На первом этапе разработки концепции экологического нормирования предельно допустимых сбросов предприятий ЦБП и деревообрабатывающих предприятий для Северного и Северо-Западного регионов страны предложен экологический подход к нормированию. Основу нового подхода составили:

- 1) принципы оценки воздействия сточных вод ЦБП на интенсивность биотического круговорота веществ в водоемах;
- 2) методика учета сезонной и межгодовой изменчивости гидрохимического фона водосборов Северо-Западного региона;
- 3) комплексная факторно-кластернотаксономическая оценка качества вод;
- 4) биотестирование и биоиндикация природных и сточных вод ЦБП.

Разработаны принципы информационно-измерительного метрологического, программного и аппаратного обеспечения систем имитационного регулирования допустимой экологической нагрузки на базе регионально-межотраслевого подхода.

Планируется разработка методов имитационного моделирования и средств идентификации параметров типовых моделей экологической нагрузки при регионально-межотраслевом подходе. Это даст возможность построить расчетные схемы для нормирования нагрузки предприятий химико-лесного комплекса при регионально-межотраслевом подходе, а также создать банк данных для оперативного контроля и управления качеством вод.

Таким образом, с целью разработки принципиально новых экологически безопасных технологических процессов ЦБП и комплексной химической переработки древесного сырья необходима централизованная организация в АН СССР фундаментальных научных исследований в этой области. Необходим официальный координирующий центр.

В связи с этим следует ускорить реализацию Постановлений Президиума АН СССР от 27 декабря 1984 г. № 1454 и от 2 июля 1987 г. № 812 п. 4, а также решения совместного заседания Комиссии по разработке проблем охраны природных вод совместно с Научным советом по биосфере АН СССР и Минлесбумпрома СССР от 23 марта 1987 г. об организации в Ленинграде Института древесины АН СССР и составе учебно-научно-производственного комплекса (УНПК) Ленинградского технологического института ЦБП в целях создания научных основ глубокой комплексной переработки и использования древесного сырья, разработки ресурсосберегающей и безотходной технологии.

Необходима также экстренная подготовка вопроса перед Советом Министров СССР об эффективности использования лесных ресурсов страны.

Поступила 8 декабря 1989 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.27 : 684

УЧЕТ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ
ПО СОДЕРЖАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ОБОРУДОВАНИЯ В МЕБЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ*В. И. МОСЯГИН, Т. А. ЖАРОВА, В. К. КОНЕВА,
В. В. МАЛЬЦЕВА, С. В. ЭЙССНЕР*

Ленинградская лесотехническая академия

Многообразие методов распределения косвенных затрат, учитывающих их особенности и специфику производства,— объективная необходимость. Вместе с тем это многообразие не должно означать произвольности, субъективизма: ведь использование различных методов распределения при решении идентичной задачи приводит к неоднозначности результатов. Возникает, таким образом, необходимость в экономически обоснованном выборе конкретного метода распределения. При этом выбранный метод должен быть по возможности прост и, конечно, доступен для практического использования.

Важным компонентом косвенных затрат в мебельном производстве выступают расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (РСЭО).

На практике чаще всего РСЭО распределяют пропорционально заработной плате производственных рабочих. Это достаточно простой метод, но он не имеет под собой сколько-нибудь серьезного научного обоснования.

Изменения заработной платы и РСЭО зависят порой от различных факторов, а одни и те же факторы влияют на уровень этих затрат по-разному, иногда даже в противоположных направлениях. Отсюда непропорциональный характер связи между заработной платой станочников и РСЭО не только по отдельным цехам, но и по производственным участкам одного и того же цеха.

Зарплата производственных рабочих практически не улавливает различий в степени механизации труда. Размер же РСЭО, наоборот, непосредственно зависит от степени насыщенности рабочих мест средствами механизации. Поэтому на 1 р. зарплаты в машинных цехах мебельных предприятий приходится, как правило, в 3—5 раз больше РСЭО, чем в сборочных и отделочных цехах. При этом чем выше технический уровень производства, тем больше расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, тем ниже заработная плата производственных рабочих в расчете на изделие. При распределении РСЭО пропорционально заработной плате получается обратная картина: с повышением технического уровня производства доля РСЭО в себестоимости изделия снижается.

По мнению некоторых экономистов, распределение РСЭО пропорционально заработной плате оправдано лишь в условиях массового производства, поскольку уровень механизации технологических процессов изготовления отдельных видов продукции здесь примерно одинаков. С такой точкой зрения трудно согласиться. Ведь в условиях даже массового производства технологическая обработка деталей мебели происходит при разных уровнях механизации и автоматизации; при

этом используются различные виды оборудования с далеко неодинаковым уровнем эксплуатационных затрат. Отсюда распределение РСЭО пропорционально зарплате может завысить и, как показал анализ, действительно завышает долю распределяемых затрат по тем изделиям, технологические процессы изготовления которых менее механизированы. И, наоборот, доля РСЭО снижается в себестоимости изделий, обрабатываемых с применением высокомеханизированного оборудования. Это обстоятельство дает основание полагать, что практически в любом случае заработная плата производственных рабочих как база распределения РСЭО затушевывает представление о реальных затратах, искажает учет себестоимости отдельных видов продукции и, как следствие, делает необъективными расчеты эффективности мебельного производства.

Более правильно распределить РСЭО по изделиям мебели пропорционально сметным ставкам, исчисленным на приведенный станко-час. В основе данного нормативного показателя лежат две расчетные величины: время работы оборудования (станко-часы), а также коэффициенты приведения, характеризующие уровень эксплуатационных затрат по различным видам оборудования. Последние исчисляются с помощью нормативов затрат на 1 ч работы соответствующего вида оборудования (амортизация, электроэнергия, расходы на ремонт и др.). В настоящее время в мебельной промышленности отсутствуют отраслевые нормативы часовых эксплуатационных расходов работы технологического оборудования. Учитывая, однако, что эти расходы зависят главным образом от мощности и сложности оборудования, для характеристики соотношения станков по уровню эксплуатационных затрат нами была использована категория ремонтной сложности оборудования.

Мы понимаем, что уровень эксплуатационных расходов на 1 ч работы оборудования зависит не только от мощности станков, их сложности, но и от многих других факторов (режим обработки, применяемый инструмент, техническое состояние оборудования и т. д.). Поэтому сметные ставки, рассчитанные на базе ремонтной сложности, могут лишь приближенно характеризовать действительные эксплуатационные расходы оборудования в единицу времени. Однако такой подход, на наш взгляд, не лишен оснований, если учесть, что для наших целей важно знать не столько абсолютные величины этих расходов, сколько соотношение по ним расходов станочного оборудования.

Расчет сметных ставок РСЭО на важнейшие виды мебели можно представить в виде следующих формул:

количество приведенных станко-часов на одно изделие — t_i

$$t_i = t_m + t_p;$$

то же по механизированным работам — t_m

$$t_m = \sum_{j=1}^n t_j k_j;$$

то же по немеханизированным (ручным) работам — t_p

$$t_p = t k;$$

стоимость одного приведенного станко-часа — c

$$c = S: \sum_{i=1}^m t_i q_i;$$

сметная ставка на одно изделие — c_i

$$c_i = c t_i,$$

где k, k_j — коэффициенты приведения станко-часов соответственно для ручных работ и j -го вида оборудования;
 t, t_j — число часов работы соответственно ручной и по j -му виду оборудования;
 S — величина РСЭО;
 q_i — количество продукции i -го вида; $i = \overline{1, m}$.

На непрофилирующие (прочие) виды мебели сметные ставки — c'_i можно устанавливать упрощенным методом, исходя из заработной платы на важнейшие виды продукции, по формуле

$$c'_i = c_i Z'_i / Z_i,$$

где Z'_i, Z_i — заработная плата производственных рабочих соответственно на единицу непрофилирующего вида продукции и типового представителя.

Указанный подход реализован автором на некоторых Ленинградских мебельных предприятиях (см. таблицу).

Распределение РСЭО

Изделие	Приведенные машинно-часы на 100 изделий		Распределение на единицу продукции, р.		Коэффициенты	
	Механизированные работы	Ручные работы	по зарплате	по ставкам	уменьшения	увеличения
Набор «Минует»	11 400,0	4 000,0	285,70	246,0	1,1	—
Набор «Оредеж»	4 245,0	377,5	37,00	45,69	—	1,2
Набор «Силуэт»	4 083,7	742,2	69,18	76,82	—	1,1
Шкаф для посуды	1 014,7	409,8	10,27	9,40	1,1	—
Набор «Калина»	959,0	291,0	32,92	19,94	1,7	—
Полка для книг	831,7	95,7	0,8	1,17	—	1,5
Набор «Орбита»	828,1	929,7	44,76	27,97	1,6	—
Антресоль	461,9	13,6	2,15	3,14	—	1,5
Кресло «Театральное»	372,9	60,4	5,59	6,90	—	1,2
Скамья угловая	193,6	163,8	16,52	9,22	1,7	—
Стул «Флора»	112,3	25,9	4,05	3,52	1,2	—
Кресло 4523	58,4	11,4	1,62	1,80	1,1	—
Кресло 4541	50,2	44,0	3,56	2,46	1,4	—
Стул Н-01-9р	48,5	62,6	1,33	1,83	—	1,4
Стул детский	19,6	3,5	0,43	0,58	—	1,3

Расчеты показали, что распределение расходов по содержанию и эксплуатации оборудования пропорционально заработной плате производственных рабочих искажает величину этих затрат, относимую на отдельные изделия мебели. Так, по набору «Калина» РСЭО завышены в 1,7 раза; по креслу «Театральному», наоборот, занижены на 20 % и т. д. Анализ показал, что основная причина подобных отклонений кроется в индивидуальных соотношениях станкоемкости и трудоемкости отдельных изделий мебели, что подтверждает целесообразность распределения РСЭО с помощью сметных ставок.

Дальнейшее совершенствование такого метода распределения должно идти по линии углубления дифференциации сметных ставок и, в частности, обоснования коэффициентов для более полной характеристики соотношений станочного оборудования по уровню эксплуатационных затрат. База для разработки таких нормативов на передовых мебельных предприятиях в настоящее время имеется: действуют аналитические нормы затрат живого труда, обоснованы расходы материальных ресурсов на обслуживание и ремонт оборудования, учитываются с помощью измерительных приборов энергетические затраты. Это дает

основание говорить о реальных возможностях дальнейшего совершенствования распределения РСЭО в мебельном производстве на базе сметных ставок.

Поступила 14 декабря 1988 г.

УДК 658.3 : 674.093.26

КЛАССИФИКАЦИЯ И СТРУКТУРА МОТИВОВ ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ НА ФАНЕРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. П. ТРОСТИНСКАЯ, Т. П. БЕЛЯЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

На современном этапе научно-технического прогресса, выдвигающего высокие требования к качеству рабочей силы, достаточно ощутимы потери от текучести кадров. В условиях перехода предприятий на полный хозрасчет данная проблема будет обостряться.

Высокий уровень текучести кадров на предприятиях фанерной промышленности и слабая изученность этой проблемы обусловили необходимость ее исследования. На шести фанерных предприятиях (Костромском, Мантуровском, Жешартском, двух Уфимских, Тавдинском) проведено анкетирование среди работающих, увольняющихся и вновь поступающих. Всего опрошено 3 050 работников, или 30 % всех работающих.

Формы движения рабочей силы могут иметь как организованный, так и стихийный характер. Планомерно организованное движение осуществляется предприятием или государством. Все другие перемещения неорганизованны и составляют текучесть кадров. Чаще они выступают под рубрикой «уволен по собственному желанию».

В практике статистического учета к текучести принято относить увольнения не только по собственному желанию, но и по инициативе администрации в связи с прогулами работников, систематическими нарушениями дисциплины. Для определения причин текучести кадров, прямо или косвенно зависящих от результатов работы предприятий, все мотивы увольнений по собственному желанию можно объединить в четыре группы: I — в связи с неудовлетворенностью производственно-экономическими условиями, II — в связи с неудовлетворенностью жилищно-бытовыми условиями, III — мотивы личного характера, IV — прочие мотивы (см. таблицу).

Исследование показало, что преобладающее число увольнений (почти 60 %) объясняется причинами, зависящими от деятельности предприятий (I и II группы мотивов). Наибольшее число работников покинуло предприятия из-за неудовлетворенности производственно-экономическими условиями (I группа) — 28,8 %. Преобладающее число уволившихся в этой группе в качестве конкретной причины назвало неудовлетворенность профессией, работой. На этот мотив сослался почти каждый десятый из уволившихся (9,1 %). В основном это увольнения из-за однообразного утомительного труда (2,5 %), использования не по специальности (2,4 %), работы не в соответствии с квалификацией (1,8 %), неудовлетворенности профессией (1,8 %), неритмичной работы, частых простоев (0,6 %). Особенно велика доля таких увольнений среди рабочих в двух основных цехах — лучильно-сушильном и клеильно-обрезном (11,3 %) и двух вспомогательных — транспортном и электромеха-

Структура мотивов текучести

Мотивы увольнений	Доля к общему числу уволен- ных, %
А. Увольнение по собственному желанию	96,5
В том числе по мотивам:	
I. Неудовлетворенность производственно-экономическими условиями	28,8
В том числе:	
1) условиями труда	4,9
2) профессией, работой	9,1
3) условиями для повышения квалификации, образования	2,1
4) режимом труда	7,0
5) размером заработной платы	3,2
6) взаимоотношениями в трудовом коллективе	2,5
II. Неудовлетворенность жилищно-бытовыми условиями	20,7
В том числе:	
1) отсутствием или недостатком жилой площади	12,3
2) неблагоустроенностью жилой площади	4,6
3) отдаленностью места жительства от места работы и плохим транспортным и бытовым обслуживанием	1,4
4) отсутствием детсадов, детских или нехваткой мест в них	2,4
III. Мотивы личного характера	37,2
В том числе:	
1) выход замуж	8,4
2) воспитание детей	1,4
3) перемена места жительства	14,0
4) семейные обстоятельства	18,8
5) состояние здоровья	4,6
IV. Прочие мотивы	9,6
Б. Увольнения за нарушения трудовой дисциплины	3,5
Всего	100

ническом (13,2 %). На этот мотив сослались главным образом лушильщики (20 %), сортировщики шпона и фанеры (18,8 %), разнорабочие (12,4 %), а также штукатуры (15,1 %), маляры (12,4 %). Последние объяснили свой уход частыми переводами в фанерные цехи в связи с нехваткой в них рабочей силы.

Второе место по значимости в I группе мотивов занимают увольнения в связи с неудовлетворенностью режимом труда (7 %). Среди работающих в три смены 10,4 % сослались на этот мотив. Наиболее негативно к ночным сменам относятся молодые рабочие в возрасте 18...20 лет (11,8 %), не имеющие семьи, с образованием 10 классов, продолжающие учебу, а также семейные женщины в возрасте 26...30 лет (11,8 %), у которых более двух детей. Последние получают сравнительно высокую заработную плату (от 150 до 200 р.), однако предпочитают меньшую заработную плату работе в три смены.

В I группе следующими по значимости являются увольнения из-за тяжелой физической работы и плохих санитарно-гигиенических условий труда. По этой причине уволилось 4,9 % ушедших по собственному желанию. Почти 60 % из них составляют работники лушильно-сушильных, клеильно-обрезных цехов и биржи сырья.

Анализ данных об уволившихся по профессиям показывает, что по этой причине покинули фанерные предприятия 67 % ушедших выгрузчиков древесины из воды; 12,5 % — сортировщиков шпона и фанеры; 33,3 % — шлифовщиков по дереву; 21,2 % — разнорабочих. Увольнения по этой причине распространены как среди молодежи, так и среди лиц старшего возраста, получающих сравнительно высокую заработную плату (от 150 до 200 р.). Особенно велика доля уволившихся женщин.

Следует отметить, что хотя увольнения «по состоянию здоровья» включены в III группу (мотивы личного характера), однако для участников с преобладанием увольнений по мотивам неудовлетворенности условиями труда характерна и более интенсивная текучесть, связанная с состоянием здоровья работников. Так, в луцильно-сушильных цехах фанерных предприятий 8,8 % работников уволилось по причине неудовлетворенности условиями труда, а процент работников этих же цехов, уволившихся по состоянию здоровья, — 9,6 % (против среднего уровня по этому мотиву 4,6 %). Почти все, указавшие плохое состояние здоровья как причину увольнений, покинули предприятие не потому, что они не здоровы, а из-за боязни потерять здоровье вследствие неблагоприятных условий труда.

Определенную долю в I группе мотивов составляют увольнения в связи с неудовлетворенностью размером заработной платы (3,2 %), причем 81,4 % из них — из-за низких тарифных ставок, 9,4 % — несоответствия квалификации рабочего и работ и 9,2 % — из-за напряженности норм. Среди мужчин уволившихся по этой причине составляют 5,2 % (при среднем 3,2 %), среди женщин — 0,8 %. Как показал анализ, уровень заработной платы оказывает непосредственное влияние на интенсивность текучести: чем ниже заработная плата, тем выше вероятность увольнения рабочих. Однако те, кто уходят из-за тяжелых условий труда, трехменного режима работы, согласны получать и более низкую заработную плату. Влияние неудовлетворенности размером заработной платы на увольнения сильнее других факторов сказывается в зрелом возрасте — от 26 до 40 лет, когда рабочие приобрели опыт работы, повысилась квалификация. В основном не удовлетворены размером заработной платы рабочие, работающие индивидуально (4,9 %), оплачиваемые по прямой сдельной (7,7 %) и повременной (11,1 %) системам оплаты труда. Причем интенсивность текучести повременщиков почти в 1,5 раза выше, чем сдельщиков, а работающих индивидуально — в 1,8 раза выше, чем работающих в бригадах с применением КТУ.

Грубое отношение со стороны администрации, неблагоприятная психологическая обстановка в коллективе — также немаловажные факторы текучести кадров. По этим причинам с фанерных предприятий уходит 2,5 % всех уволившихся, что в 1,5 раза больше, чем на промышленных предприятиях других отраслей. На отдельных фанерных предприятиях доля уволившихся по этой причине достигает 4...8 % (Тавдинский и Костромской фанерные комбинаты). При этом из-за плохих взаимоотношений с администрацией наиболее велик уход квалифицированных рабочих (VI разряд — 6,6 %), а также кадровых рабочих со стажем работы на данном предприятии свыше 5 лет (4,2 %) и особенно свыше 10 лет.

Более 2 % уволившихся объясняют причину своего ухода отсутствием условий для повышения образования. По этой причине увольняется в основном молодежь в возрасте до 18 лет (50 %), а также лица со стажем работы на данном предприятии до 3 лет (3,1 %) и среднемесячной заработной платой до 100 р. (5,6 %).

II группу мотивов увольнений по собственному желанию составляет уход в связи с неудовлетворенностью жилищно-бытовыми условия-

ми. Каждый пятый (20,7 %) из уходящих с работы сослался на эту причину. Увольнения по этому мотиву наиболее распространены среди лиц в возрасте 20...30 лет, со стажем работы на данном предприятии до 3 лет. Особенно велико число таких увольнений на Костромском, Мантуровском и Тавдинском фанерных комбинатах (более 22 % от общего числа уволенных по собственному желанию). Настораживает большое число увольнений в связи с отдаленностью места работы от места жилья (7,7 %) на Уфимском домостроительно-фанерном комбинате и отсутствием мест в детских дошкольных учреждениях на Тавдинском фанерном комбинате (14,8 %).

На фанерных предприятиях все еще велика доля уволенных за нарушения трудовой дисциплины. Социологическое обследование показало, что уволенные по этой причине — мужчины в возрасте до 20 лет и 21...25 лет, проработавшие на данном предприятии до 1 года (90 %), сменившие за период своей трудовой деятельности более трех предприятий.

Сложившаяся структура мотивов фактической текучести кадров позволяет, в известной мере, выделить те причины, устранение которых в значительной степени зависит от предприятия. При решении проблемы управления текучестью кадров нужно выделить и отдельно рассматривать каждую из следующих основных групп факторов: 1) личностные — социально-демографические параметры производственного коллектива (средний возраст работника, соотношение разных возрастных групп, уровень образования, средний стаж работы на предприятии и т. п.); 2) внешние по отношению к предприятию (демографическая ситуация в данном регионе, климатические условия и т. д.); 3) возникающие на самом предприятии (организация рабочего места, степень механизации труда, состояние системы материального стимулирования, санитарно-гигиенические условия труда и бытовое обслуживание работников, обеспеченность жильем, детскими дошкольными учреждениями и др.). Если по отношению к I и II группам должны быть предусмотрены учет и анализ факторов и определены возможности смягчения или усиления их влияния, то III группу факторов следует рассматривать как объект активного изменения и оптимизации. Если учесть структуру мотивов увольнений по собственному желанию работников обследуемых фанерных предприятий, то можно считать неизбежными 47 % увольнений. Это означает, что при существующей структуре увольнений коэффициент неизбежного оборота по выбытию может быть равен 18,6 %, а коэффициент текучести — 7,6 %, что соответствует достигнутому уровню передовых предприятий промышленности в целом.

Поступила 3 июля 1989 г.

УДК 338.26.001.57

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВНУТРИРАЙОННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

П. С. ГЕЙЗЛЕР

Белорусский технологический институт

Радикальная экономическая реформа, проводимая в нашей стране, требует самого пристального внимания к обоснованности принимаемых хозяйственных решений. Это касается и развития таких сложных объектов, как территориальный лесопромышленный комплекс (ТЛПК).

Выделяются две большие задачи развития ТЛПК: обоснование оптимальной производственной структуры комплекса и рациональной территориальной организации производства в нем. Обе задачи находятся в тесной взаимосвязи. Для их решения предложена система экономико-математических моделей [1, 8]. Применение на практике этой системы позволило в решении вопросов размещения лесопромышленного производства перейти на использование не одной интегрированной, а серии специализированных моделей, учитывающих значительно более полно специфику каждого из лесопромышленных производств [2]. Известны специализированные модели внутрирайонного размещения целлюлозно-бумажного производства [6, 7], производства древесных плит [4, 5] лесопильного и фанерного производства [3].

Большое влияние на эффективность лесопромышленного производства в ТЛПК оказывает рациональная территориальная организация (размещение) лесозаготовок. Она позволяет оптимизировать грузопотоки древесины от места их заготовки до потребителей, рационально разместить на территории ТЛПК нижние склады, специализировать их с учетом особенностей лесосырьевой базы, потребностей и расположения потребителей.

Задачи внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства связаны с освоением лесосырьевых баз, определением тяготения тех или иных лесных массивов к пунктам отгрузки. Учитывается и география потребления продукции лесозаготовок. Все это усложняет задачу.

К настоящему времени накоплен большой опыт интуитивного решения подобных задач. В литературе мы не встретили экономико-математических моделей, прямо и непосредственно относящихся к обоснованию территориальной организации лесозаготовок. Имеются модели лишь по отдельным частным вопросам, не охватывающие проблему в целом.

Для описания первой экономико-математической модели внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства примем, что известен перечень лесных массивов, расположенных в ТЛПК-1, перечень пунктов, где возможно создание нижних складов — J , перечень основных потребителей круглого леса (деревоперерабатывающие предприятия, цеха и т. д.) — L и набор основных выпускаемых сортиментов — K .

В задаче минимизируются затраты на заготовку древесины (лесосечные работы), доставку ее на нижний склад, производство сортиментов (нижнескладские работы) и доставку готовых круглых лесоматериалов потребителям. При этом полностью удовлетворяется спрос потребителей, грузообороты нижних складов не превышают их максимальной величины (по каждому складу), а в каждом лесном массиве заготавливается древесины не более допустимого объема по величине расчетной лесосеки. Такая задача может быть отнесена к производственно-транспортному типу.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$\sum_{i,j} C_{ij} X_{ij} + \sum_{j,k,l} d_{jl} Y_{jkl} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Здесь C_{ij} — затраты на заготовку древесины в лесном массиве i и доставку ее на нижний склад j ;

X_{ij} — соответствующий объем доставки;

d_{jl} — затраты на нижнескладские работы в пункте (на складе) j и на доставку k -го сортимента потребителю l ;

Y_{jkl} — соответствующий объем доставки.

Приняты следующие ограничения.

1. В каждом лесном массиве заготавливается древесины не более допустимого объема по величине расчетной лесосеки:

$$\sum_j X_{ij} \leq R_i, \quad (2)$$

где R_i — предельно допустимый годовой объем заготовки древесины в массиве i .

2. Потребители полностью получают необходимые сортаменты в соответствии со спросом:

$$\sum_j Y_{jkl} = D_{kl}, \quad (3)$$

где D_{kl} — спрос потребителя l на сортимент k .

3. Грузооборот каждого нижнего склада не превышает его максимальной возможности:

$$\sum_i X_{ij} \leq G_j, \quad (4)$$

$$\sum_{k,l} Y_{jkl} \leq G_j, \quad (5)$$

где G_j — максимально возможный грузооборот нижнего склада.

Естественно, что общий объем заготовки соответствует общему объему реального грузооборота всех складов и общему объему поставок лесоматериалов потребителям, включая и собственные нужды ЛПХ:

$$\sum_{i,j} X_{ij} = \sum_j G_j^R = \sum_{j,k,l} Y_{jkl} = \sum_{k,l} D_{kl}. \quad (6)$$

В случае, если рассматривается существующий ТЛПК и решается задача его дальнейшего развития при расширении заготовки древесины, модель (1) — (6) может быть дополнена выражением, учитывающим действующие нижние склады с учетом их модернизации, реконструкции, технического перевооружения и расширения:

$$\sum_i X'_{ij} \leq G'_j. \quad (7)$$

Это выражение означает, что грузооборот существующего склада с учетом его модернизации не превышает его мощности. Здесь X'_{ij} — объем поставок древесины на действующий нижний склад в пункте j , а G'_j — максимальный грузооборот действующего склада в пункте j . В этом случае X_{ij} и G_j — то же для нового склада в пункте j .

$$\sum_{k,l} Y'_{jkl} \leq G'_j. \quad (8)$$

Выражение (8) аналогично (5), но для действующего склада. Можно более подробно записать и целевую функцию

$$\sum_{i,j} C_{ij} X_{ij} + \sum_{i,j} C'_{ij} X'_{ij} + \sum_{j,k,l} d_{jl} Y_{jkl} + \sum_{j,k,l} d'_{jl} Y'_{jkl} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Иногда на лесозаготовках древесину вывозят сначала на промежуточный склад. Здесь ее складывают и затем доставляют к нижнему складу. Для этих целей применяют разные виды подвижного состава и даже разные виды транспорта. Такая организация вывозки эффективна при использовании автомобильных дорог общего пользования и лесных дорог. На последних в осенне-весенний период движение лесовозного автотранспорта затруднено из-за распутицы, плохого их состояния.

Работа проводится неритмично, в то время как по дорогам общего пользования может быть организовано круглогодичное движение. Кроме того, на дорогах общего пользования можно использовать лесовозный автотранспорт повышенной грузоподъемности, в то время как на лесных дорогах эффективнее менее мощные автомобили.

В этом случае приведенную модель можно несколько дополнить. Введем еще множество пунктов потенциального расположения промежуточных складов Q и пропускную способность каждого из них H_q .

Целевая функция в этом случае изменится:

$$\sum_{i, q} C'_{iq} X'_{iq} + \sum_{j, q} C''_{jq} X''_{jq} + \sum_{j, k, l} d_{jl} Y_{jkl} \rightarrow \min. \quad (10)$$

Здесь C'_{iq} — затраты на заготовку древесины в лесном массиве i и доставку ее на промежуточный склад q ;
 X'_{iq} — соответствующий объем доставки;
 C''_{jq} — затраты на работы на промежуточном складе q и доставку древесины на нижний склад j ;
 X''_{jq} — соответствующий объем доставки;
 d_{jl} и Y_{jkl} — то же, что и в модели (1) — (9).

Ограничения модели аналогичны первой модели:

$$\sum_q X'_{iq} \leq R_i \quad (\text{по сырьевым ресурсам}); \quad (11)$$

$$\sum_j Y_{jkl} = D_{kl} \quad (\text{по потреблению}). \quad (12)$$

По грузообороту нижних складов

$$\sum_q X''_{jq} \leq G_j; \quad (13)$$

$$\sum_{k, l} Y_{jkl} \leq G_j. \quad (14)$$

По грузообороту промежуточных складов

$$\sum_i X'_{iq} \leq H_q; \quad (15)$$

$$\sum_j X''_{jq} \leq H_q. \quad (16)$$

Здесь H_q — максимально допустимый грузооборот промежуточного склада в пункте q .

Могут быть предусмотрены варианты поставок древесины, минуя промежуточный склад — с лесосеки сразу на нижний склад, и с промежуточного — сразу потребителю, минуя нижний склад.

При этом общий объем заготовки равен общему объему поставки лесоматериалов потребителям, включая и собственные нужды ЛПХ:

$$\sum_{i, q} X'_{iq} = \sum_{j, k, l} Y_{jkl} = \sum_{k, l} D_{kl}. \quad (17)$$

Часть древесины с лесосеки может поставляться прямо на нижний склад, а с промежуточного склада прямо потребителю. Поэтому между объемами заготовки и суммарным грузооборотом нижних и промежуточных складов баланса может не быть.

Задачи по моделям (1) — (9) и (10) — (17) решаются с помощью стандартных алгоритмов транспортных задач на любых ЭВМ.

Модели (1)—(9) и (10)—(17) были проверены на практике путем решения конкретных задач в масштабе производственного лесозаготовительного объединения Молодечнолес, работающего на значительной территории Белорусской ССР. В исследованиях приняли участие асс. каф. транспорта леса БТИ Г. С. Курин, студенты Л. Громыко, О. Сухая.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гейзлер П. С. Система моделей развития региональных лесопромышленных комплексов // Тез. докл. межреспубл. конф. «Прогнозирование социально-экономического развития региона».—Таллинн, 1980.—С. 175—179. [2]. Гейзлер П. С., Муру Ж. В. О рациональном размещении производства в территориальных лесопромышленных комплексах // Экономические проблемы развития лесопромышленного комплекса Карельской АССР.—Петрозаводск, 1979.—С. 58—65. [3]. Гейзлер П. С., Муру Ж. В. Модель территориальной организации многопродуктового производства // Моделирование развития народного хозяйства Карельской АССР.—Петрозаводск, 1981.—С. 35—46. [4]. Гейзлер П. С., Пуговкин Ф. В. Экономико-математическая модель внутрирайонного размещения производства древесных плит и технологической щепы // Применение математических методов и вычислительной техники в лесной и деревообрабатывающей промышленности.—Петрозаводск, 1971.—С. 64—71. [5]. Гейзлер П. С., Пуговкин Ф. В., Шашкина Р. С. Решение задачи размещения производства древесных плит // Экономика и математические методы.—1972.—№ 5.—С. 720—725. [6]. Глотов В. В., Денищенко Т. Ю. Обоснование оптимального размещения целлюлозно-бумажной промышленности.—М., 1969.—32 с. [7]. Молоканова Л. А. Вопросы обоснования внутрирайонного размещения лесной и лесоперерабатывающей промышленности на примере Восточной Сибири: Автореф. дис. ... канд. экон. наук.—Л., 1977.—20 с. [8]. Петров А. П., Гейзлер П. С. Система моделей для планирования развития лесопромышленных комплексов // Экономические проблемы лесной, деревообрабатывающей промышленности и лесного хозяйства.—Л., 1977.—Вып. 6.—С. 30—34.

Поступила 12 декабря 1989 г.

УДК 630*78 : 656.13

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ НА РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

В. П. БЫЧКОВ, В. М. ЗАЛОЖНЫХ

Воронежский лесотехнический институт

В ходе вырубki лесного массива расстояние вывозки древесины постепенно возрастает. При работе постоянно действующих предприятий возможно увеличение грузооборота дороги без изменения длины сложившейся транспортной сети в связи с ростом объема лесохозяйственной деятельности и ускорением созревания древесины.

Увеличение грузооборота дороги или среднего расстояния вывозки вызывает рост грузовой работы. Выполнение ее возросшего объема при существующей организации труда может быть достигнуто тремя путями: увеличением парка машин; улучшением их технического обслуживания и ремонта; улучшением состояния дорожной сети.

В первом варианте необходимую добавку рабочих автопоездов из-за увеличения среднего расстояния вывозки определяют по формуле

$$\Delta N = \frac{Q k_n}{A m (\Pi - \Delta \Pi)} - \frac{Q k_n}{A m \Pi} = \frac{\Delta \Pi Q k_n}{A m \Pi (\Pi - \Delta \Pi)}$$

Здесь Q — годовой (сезонный) объем вывозки древесины, м³;
 A — число рабочих дней в году (сезоне);
 m — число смен работы дороги в сутки;
 k_n — коэффициент неравномерности работы дороги;

Π — действующая сменная производительность автопоездов, м³/см.;

$\Delta\Pi$ — снижение сменной производительности автопоездов из-за увеличения среднего расстояния вывозки,

$$\Delta\Pi = \frac{(T - t_{п.з}) k_b Q_{пол}}{t + t_{пр}} - \frac{(T - t_{п.з}) k_b Q_{пол}}{t + \Delta t + t_{пр}} = \frac{(T - t_{п.з}) k_b Q_{пол} \Delta t}{(t + t_{пр})^2 + \Delta t (t + t_{пр})},$$

где T — продолжительность рабочей смены, мин;
 $t_{п.з}$ — подготовительно-заключительное время смены, мин;
 k_b — коэффициент, учитывающий потери рабочего времени;
 t — среднее суммарное время прохождения трассы в грузовом и порожняковом направлениях, мин;
 $t_{пр}$ — время простоя автопоезда под погрузкой — разгрузкой;
 Δt — увеличение времени хода автопоезда в обоих направлениях, вызванное возрастанием расстояния вывозки, мин;
 $Q_{пол}$ — полезная нагрузка на автопоезд, м³.

При увеличении грузооборота дороги на ΔQ и сохранении среднего расстояния вывозки и средней скорости движения

$$\Delta N = \frac{\Delta Q k_n}{\Pi \Delta t},$$

где Π — средняя сменная производительность автопоездов, м³/см.;
 ΔQ — приращение грузооборота, м³.

Дополнительные приведенные затраты в первом варианте

$$C_1 = E_n C_a \left(\frac{\Delta N}{k_r} + 0,17 \Delta N \right) + \frac{M \Delta \Pi Q k_r}{\Pi (\Pi - \Delta \Pi)} + \Delta Z,$$

где E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;
 C_a — стоимость автопоезда, р.;
 k_r — коэффициент технической готовности автомобилей;
 M — стоимость машино-смены автопоезда, р./маш.-см.;
 ΔZ — заработная плата водителей дополнительных автопоездов, р.

Второй вариант предполагает направление средств на повышение технической оснащенности ремонтно-механических мастерских (РММ) с целью достижения более высокой технической готовности автопарка. Дополнительная грузовая работа по вывозке древесины может быть выполнена при условии

$$\frac{N}{k_r} = \frac{N + \Delta N}{k_{т.р}},$$

откуда

$$k_{т.р} = \frac{(N + \Delta N) k_r}{N}.$$

Здесь $k_{т.р}$ — требуемый коэффициент технической готовности автомобилей, который должен быть достигнут в результате модернизации РММ.

Приведенные затраты при этом варианте составят

$$C_2 = E_n K_2 - S,$$

где K_2 — капитальные затраты на модернизацию РММ, р.;
 S — снижение затрат на профилактические и ремонтные работы в результате модернизации РММ (с учетом сокращения затрат на обслуживание и ремонт другого оборудования), р.

Выполнение возросшего объема грузовой работы может быть достигнуто также благодаря улучшению состояния дороги без увеличения числа автопоездов. Представим всю длину трассы в виде суммы ее отдельных участков $\sum_{i=1}^n l_i$, где l_i — длина участков дороги (км) между местами примыкания к ней веток, в которых интенсивность движения постоянна, $i = 1, 2, \dots, n$ (n — число выделенных участков). Время, затрачиваемое автопоездами на прохождение дополнительного участка удлинения трассы Δl , должно компенсироваться повышением скорости движения на одном (или нескольких) участке трассы, т. е.:

$$\frac{k_{n+1} \Delta l}{v_{n+1}} \leq \frac{k_i l_i \Delta v_i}{v_i (v_i + \Delta v_i)},$$

где k_i — интенсивность движения на i -м участке трассы длиной l_i ;
 v_i — средняя скорость движения на i -м участке трассы в обоих направлениях, км/ч;
 Δv_i — дополнительное повышение средней скорости, необходимое для компенсации большей продолжительности прохождения трассы из-за ее удлинения, км/ч;
 k_{n+1} , v_{n+1} — соответственно интенсивность и средняя скорость движения на участке удлинения Δl .

Из последнего выражения можно определить необходимое дополнительное приращение скорости

$$\Delta v_i \geq \frac{k_{n+1} \Delta l v_i^2}{k_i l_i v_{n+1} - k_{n+1} \Delta l v_i}.$$

При возрастании грузооборота дороги и неизменной ее длине суммарное увеличение времени на вывозку дополнительного объема древесины будет компенсироваться повышением скорости движения на одном участке дороги (или нескольких ее участках) при условии

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta k_i l_i}{v_i} \leq \frac{\Delta v_i (k_i + \Delta k_i) l_i}{v_i (v_i + \Delta v_i)},$$

откуда

$$\Delta v_i \geq \frac{v_i^2 \sum_{i=1}^n \frac{\Delta k_i l_i}{v_i}}{l_i (k_i + \Delta k_i) - v_i \sum_{i=1}^n \frac{\Delta k_i l_i}{v_i}},$$

где Δk_i — повышение интенсивности движения на i -м участке дороги вследствие увеличения грузооборота дороги.

Следует ремонтировать или реконструировать тот участок дороги, где при вложении одинаковых средств достигается большее сокращение времени движения, т. е. соблюдается условие:

$$\frac{\Delta v_i k_i l_i}{v_i (v_i + \Delta v_i)} = \max.$$

Приведенные затраты для осуществления третьего варианта

$$C_3 = E_n K_3 - C_p + C_T,$$

где K_3 — затраты на реконструкцию дороги;
 C_p — сокращение ежегодных затрат на ремонт дороги вследствие повышения ее прочности в результате реконструкции;
 C_T — изменение текущих затрат на автотранспорт, р.

Предпочтение следует отдавать варианту, в котором выполняется необходимый объем транспортной работы при минимуме приведенных затрат.

При значительной сумме капитальных вложений целесообразно распределить их по вариантам в определенных соотношениях для достижения наилучшего конечного результата. Задача сводится к нахождению варианта с минимумом суммарных приведенных затрат.

Поступила 21 сентября 1989 г.

УДК 658.155 : 630*378.3

АРЕНДА И ЛЕСОСПЛАВ

В. А. ПРЕГЕР

ЦНИИлесосплава

В объединении Камлесосплав была проведена большая подготовительная работа по внедрению аренды на подведомственных лесосплавных предприятиях.

Переход предприятия на вторую модель хозяйственного расчета и арендные отношения предусматривает целый комплекс организационно-экономических мероприятий. При этом для сопоставимости вариантов хозяйствования базой для сравнения в плановых расчетах должна служить первая модель хозрасчета. Показатели, присущие этой модели, остаются и при арендных отношениях: объемы производства и реализации продукции, объем материальных затрат, суммы распределения прибыли по отдельным направлениям, суммы фондов развития производства и социального развития.

Количественный сравнительный анализ плановых результатов деятельности отдельных лесосплавных предприятий по различным формам хозяйствования показывает, что арендная форма в условиях нормативного принципа распределения дохода на уровне плановых заданий пятилетки формально совпадает со второй моделью хозрасчета. Преимущество арендной формы хозяйствования фактически будет зависеть: от возможностей увеличения хозрасчетного дохода и единого фонда оплаты труда (ЕФОТ) за счет экономии материальных затрат, от уровня и методики расчета арендной платы, от пропорций распределения хозрасчетного дохода. Для предприятия в целом и его подразделений стимулом к переводу на арендные отношения может служить фиксированный характер отчислений арендной платы, не зависящей от хозрасчетного дохода. Величина ЕФОТ определяется: размером хозрасчетного дохода, нормативов фонда развития производства, науки и техники и фонда социального развития и на первых порах будет совпадать с суммами аналогичных фондов по первой модели хозрасчета при соблюдении соотношений дохода и прибыли, определенных в плане.

Преимущества в увеличении дохода и ЕФОТ при второй модели хозрасчета и аренде могут быть сведены на нет в условиях налогообложения прироста средств ЕФОТ. В 1990 г. оно ощутимо повлияет на величину ЕФОТ лесосплавных предприятий, где производство товаров народного потребления не является основным видом деятельности. Поэтому количественный сравнительный анализ предпочтительности вариантов хозяйствования должен выполняться с учетом ожидаемых видов и размеров отчислений регулирующих налогов.

До перевода лесосплавного предприятия на арендные отношения необходимо провести внеплановую инвентаризацию основных производственных фондов с учетом возможности списания морально уста-

ревшего и физически изношенного оборудования. Результаты инвентаризации по спискам принимаемого в аренду оборудования по цехам, участкам и службам используются во всех плановых и фактических (ожидаемых) расчетах, связанных с переходом на арендные отношения: в расчетах внутренних цен; при определении суммы платы за фонды; при определении арендной платы цехов, участков и служб и т. д.

Пакет методических и практических материалов по совершенствованию внутрипроизводственного хозрасчета лесосплавного предприятия, обязательных для внедрения арендных отношений, должен включать в себя ряд документов.

1. Методика определения внутрипроизводственных цен на продукцию, работы и услуги подразделений предприятия. Различные факторы (ассортимент продукции, работ, услуг; степень специализации участков и подразделений) обуславливают выбор методики определения внутренних расчетных цен на основе:

цеховой себестоимости продукции;

себестоимости и прибыли путем перераспределения прибыли предприятия от реализации товарной продукции по оптовым ценам;

перераспределения прибыли предприятия с учетом рентабельности производства отдельных цехов, участков и т. д.

Трудности в проектировании внутренних цен по участкам, в специализации которых предусмотрена лесосплавная деятельность, связаны с отсутствием расчетных цен проплава лесопродукции по предприятиям в рамках лесосплавного объединения. Цена сплава определена скидками и надбавками, в зависимости от вида и породы лесопродукции, согласно таблицам 1, 2, 3, 4 и 10 раздела I прейскуранта 07—03. Цена устанавливается в зависимости от поясного назначения в пределах областей. В расчетах с лесозаготовителями при доставке древесины на верхние рюмы лесосплавного предприятия для сплава предусмотрены скидки, которые включаются в цену сплава; при сдаче древесины потребителю на нижних рюмах или дальнейшей передаче ее за пределы области в цену сплава включаются надбавки. В связи с этим местоположение лесосплавного предприятия по отношению к потребителю продукции влияет на уровень его дохода по лесосплавной деятельности. Предприятия, расположенные в верховьях Камского бассейна Пермской области, находятся в более выгодных условиях, чем предприятия, находящиеся в низовьях Камы, принимающие лесопродукцию в плаву и, соответственно, расходы по сплаву вышележащего рейда. Следствием этого является система изъятия доли прибыли высокорентабельных лесосплавных предприятий и дотаций убыточным лесосплавным предприятиям. Так, у Усть-Язьвинского сплавного рейда изымается до 80 % прибыли, у Рябининского — до 67 % прибыли, а головному предприятию — Орлинскому сплавному рейду и ряду других — предусмотрены дотации на покрытие плановых расходов на проведение сплавных и лесоперевалочных работ. Отсутствие расчетных цен сплава сдерживает внедрение новых хозрасчетных форм и аренды. Отсюда и их дифференциация по участкам. Установленные нормативы отчислений из прибыли высокорентабельных сплавных рейдов на формирование дотаций убыточным предприятиям создают предпосылки для включения доли отчислений в арендную плату коллективам цехов и участков, занимающихся другими видами хозяйственной деятельности.

До проведения практических расчетов цен необходимо определить трудоемкость обслуживания и ремонта оборудования в соответствии с прогрессивными отраслевыми и межотраслевыми нормативными материалами. Расчеты трудоемкости позволяют установить нормативный

объем работ обслуживающих подразделений для оценки внутрипроизводственной стоимости единицы услуг РМЦ, РСУ, электроцеха и т. д.

2. Практические расчеты внутренних цен на продукцию, работы, услуги подразделений лесосплавного предприятия. Они осуществляются в соответствии с выбранной методикой ценообразования. При выборе наиболее приемлемой методики может быть несколько вариантов расчета. Например, по методике, основанной на включении текущих затрат подразделения и части прибыли предприятия в целом во внутреннюю цену, могут быть просчитаны варианты с отнесением на подразделение доли фонда материального поощрения на текущее премирование либо всей его суммы. При необходимости в условную величину прибыли подразделения, принимаемую для расчета внутренних цен, включается и часть фонда развития производства, науки и техники, фонда социального развития.

3. Положение по совершенствованию внутрипроизводственного хозрасчета в условиях арендных отношений. Положение рассматривает вопросы планирования хозрасчетной деятельности подразделений, распределение дохода, образования и закрепления за подразделениями фонда оплаты труда, учета и оценки результатов хозрасчетных коллективов. К утверждаемым показателям оценки деятельности подразделения относятся: объем производства продукции (работ, услуг), в том числе товарной; материальные затраты на производство продукции (работ, услуг); доход подразделения, в том числе хозрасчетный. Плановый доход подразделения есть разность между плановым объемом производства продукции и проплава древесины в расчетных ценах и плановыми (нормируемыми) материальными затратами. Он должен быть достаточным для обеспечения отчислений за трудовые ресурсы, производственные фонды, арендных платежей и формирования фонда оплаты труда работников подразделения. Хозрасчетный доход подразделения в плане централизации в целом по предприятию фонда развития производства, науки и техники и фонда социального развития включает в себя плановый ЕФОТ, в том числе резерв на расходы в последующие отчетные годы. Информационно-оценочными показателями хозрасчетной деятельности являются: численность персонала, стоимость основных производственных фондов, сумма арендной платы. В хозрасчетном наряд-задании подразделения указываются экономические нормативы, используемые в планировании и оценке результатов деятельности: внутренний норматив платы за трудовые ресурсы, внутренний норматив платы за производственные фонды, внутренние расчетные цены за единицу продукции, работ, услуг.

4. Положение об экономической (материальной) ответственности хозрасчетных подразделений лесосплавного предприятия в условиях арендного подряда. Положение рассматривает виды ответственности, способы их отнесения на хозрасчетные результаты работы подразделений, порядок оформления и предъявления претензий, устанавливает классификатор претензий, формы первичных документов, обосновывающих претензии. Размеры штрафных санкций при различных видах допускаемых нарушений должны быть соотнесены с предусмотренными действующими законодательными актами и нормативными документами, положением о поставках продукции производственно-технического назначения, другими инструктивными материалами.

5. Положение об образовании и использовании единого фонда оплаты труда. В условиях применения внутрипроизводственных цен на продукцию, работы и услуги лесосплав-

ного предприятия это положение предусматривает образование ЕФОТ в каждом отдельном подразделении по остаточному принципу распределения дохода. При отсутствии расчетных цен для определения внутрипроизводственной стоимости продукции, работ и услуг может быть предусмотрено образование ЕФОТ подразделений нормативным методом в зависимости от дохода предприятия в целом. ЕФОТ подразделения начисляется умножением норматива на величину дохода предприятия, исчисленного нарастающим итогом с начала года. Условия начисления ЕФОТ общецеховых служб и отделов аппарата управления являются: достижение плановой величины дохода предприятия в целом и выполнение государственного заказа, плана поставок продукции предприятия в целом.

6. Договоры по переводу предприятия в целом и подразделений предприятия на арендные отношения. Лесосплавное объединение Камлесосплав с 1 января 1990 г. работает в условиях арендного подряда; в его состав (на правах ассоциации) входят арендные коллективы лесосплавных предприятий. Необходимость создания такой структуры управления и координации связана с зависимостью результатов работы лесосплавных предприятий от природных условий, обеспеченностью ресурсами древесины для сплава и поставками ее на верхние рюмы лесозаготовителями, значительной долей временных рабочих и т. д.

Названный перечень методических и практических материалов может быть расширен в зависимости от степени развития хозрасчета на всех уровнях управления предприятием, задач, решаемых одновременно с переводом предприятия и его подразделений на арендные отношения.

Поступила 10 января 1990 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*181.521 : 634.738

ОСОБЕННОСТИ
ЦВЕТЕНИЯ БРУСНИКИ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ
ЕЕ СПЛОШНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

П. Н. ТАРГОНСКИЙ

Лугинский лесхоззаг Житомирской области

Разработка и совершенствование методов прогнозирования урожайности брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), как и других плодово-ягодных растений, невозможно без изучения их фенологических особенностей. Интенсивность сезонного развития дикорастущих ягодников варьирует в разных регионах СССР и зависит в основном от экологических условий.

В нашей стране наблюдения за цветением и плодоношением брусники ведутся в различных пунктах ее обширного ареала. Накоплен значительный опыт фенологических наблюдений, получены многочисленные фактические материалы [1, 2, 4—6, 8].

Сроки цветения и плодоношения брусники в Украинском Полесье в той или иной мере освещались в литературе [3, 7, 9]. Однако фенодаты отмечены в основном по данным краткосрочных наблюдений, чаще всего 3-летнего периода.

Наши исследования проведены в 1981—1986 гг. в Центральном Полесье Украины (Лугинский лесхоззаг Житомирской области), на южной границе сплошного распространения брусники в европейской части СССР, на постоянных пробных площадях. Пробные площади закладывали в тех типах лесорастительных условий, в которых брусника встречается в Полесье (экотопы А₂₋₄, В₂₋₄, С₂₋₃). В основном это насаждения сосны обыкновенной, нередко с примесью березы повислой и дуба черешчатого. Полученные в течение 6 лет результаты обрабатывали методами вариационной статистики.

Цветет брусника обычно, когда заканчивается облиствение верхнего полога деревьев в лесу, резко снижается освещенность нижних ярусов, заметно повышается влажность под пологом леса, а сила ветра резко падает [9]. На исследуемой территории она зацветает одновременно с сосной обыкновенной или через 1-2 дня после начала ее «пыления», нередко вместе с рябиной обыкновенной, голубикой; в отдельные годы — с купеной душистой (1982 г.), багульником болотным, майником двулистным или же с разницей в 2-3 дн.

Цветки брусники обоепопые, собраны по 1...18 (чаще всего по 6-7) в короткую, густую поникающую кисть; слабо протогиничны — рыльца пестиков созревают раньше пыльников тычинок. Раскрываются они круглосуточно, наиболее массово в теплые часы, но могут раскрываться и при довольно низких температурах (1...3 °С); освещенность, по-видимому, не влияет на этот процесс. Раскрытие цветков в кисти происходит акропетально, от ее основания к верхушке. Продолжительность цветения одного цветка (от раскрытия венчика до его опадения) варьирует в разные по погодным условиям годы: в теплую солнечную погоду они функционируют в среднем около 7 сут, а в прохладную пасмурную или влажную погоду, при температуре воздуха 5...9 °С — в течение 10...14 сут. Недостача влаги в почве при сухой, солнечной погоде способствует ускорению цветения. Заморозки до —1,5 °С повреждают пестики и тычинки, а при —2...—4 °С и ниже цветки буреют и постепенно осыпаются.

Весной 1981 г. в районе исследований 3 раза наблюдались заморозки — понижение температуры воздуха в припочвенном слое на высоте 2 см достигало —2 °С. Отпад генеративных органов составил 50,4 %. В 1984 г. зафиксировано наибольшее понижение температуры воздуха вблизи поверхности почвы (—4,3 °С), что привело к гибели значительного количества бутонов и однолетних неодревесневших побегов. Отмечалось массовое (до 82...94 %) опадение цветков, завязей и даже образовавшихся ягод.

Исследованиями установлено, что такие заморозки в период массового цветения повреждали под пологом сосновых насаждений до 13...22 % цветков, а на вырубках и других открытых местах — до 60...83 %. Самые поздние заморозки в Полесье Украины отмечены 2 июня.

Фенологические наблюдения показывают, что ростовые почки брусники в Украинском Полесье раскрываются в конце второй или начале третьей декады апреля, бу-

тоны — в конце апреля — начале мая, а через несколько дней (в зависимости от погодных условий) начинается цветение.

Для зацветания брусники на южной границе ее сплошного распространения необходимо, чтобы температура воздуха достигла 11...14 °С, а температура почвы корнеобитаемого слоя растения (на глубине 2...10 см) — 12...18 °С. Цветение ягодника происходит при довольно широкой амплитуде относительной влажности воздуха — 50...90 %. Наступление фазы цветения сдерживается при резких колебаниях температур в первые две декады мая и особенно при понижении их до —(2-3) °С.

Первые цветки брусники в районе исследований появляются во второй декаде мая, массовое цветение наступает в третьей декаде этого месяца. Окончание цветения приходится на начало июня. Период цветения, как и бутонизации, несколько растянут и длится в среднем 17 дн. Отдельные цветки встречаются до начала второй декады июня. Ягоды начинают созревать в конце июля — начале августа, массовое плодоношение приходится на середину августа, окончание — на конец августа — первую половину сентября (см. таблицу).

Даты наступления фенофаз брусники
в Центральном Полесье Украины

Год	Цветение			Плодоношение		
	Начало	Массовое	Окончание	Начало	Массовое	Окончание
1981	18.05	25.05	11.06	8.08	23.08	8.09
1982	20.05	23.05	1.06	27.07	7.08	20.08
1983	12.05	20.05	26.06	26.07	5.08	20.08
1984	25.05	2.06	10.06	8.08	23.08	30.08
1985	13.05	20.05	27.05	29.07	14.08	28.08
1986	13.05	21.05	3.06	29.07	6.08	15.09
В среднем	17.05	24.05	3.06	1.08	13.08	30.08

Сезонное развитие ягодника в различные годы проходило неодинаково, что обусловлено разными метеорологическими условиями в вегетационные периоды 1981—1986 гг. Наиболее ранние сроки цветения и плодоношения ягодника в изучавшихся типах лесорастительных условий отмечены в 1983 г. В мае этого года зарегистрирована наиболее высокая среднемесячная температура воздуха за весь период наблюдений (17,0 °С при средней многолетней 13,8 °С). Температура июня (17,1 °С) была близка к средней многолетней (17,4 °С), что и ускорило цветение. В период цветения наблюдался массовый лёт насекомых-опылителей — шмелей земляного, каменного, садового и полевого (*Bombus terrestris* L., *B. lapidarius* L., *B. hortorum* L., *B. agrorum* L.) и пчелы медоносной (*Apis mellifera* L.). Нектаром цветков растения питались муравьи *Formica fusca* L., *F. rufa* L., *Lasius niger* L., некоторые виды бабочек. Раньше обычного проходило цветение и массовое созревание ягод в 1985 и 1986 гг. Наиболее поздние сроки этих фенофаз наблюдались в 1981 и 1984 гг. Так, в 1984 г. массовое цветение проходило на 13 дн. позднее, чем в 1982 и 1985 гг. Разница между самой ранней (1983 г.) и самой поздней датами массового созревания ягод (1981 и 1984 гг.) составляет 18 дн.

Несколько теплее обычного был май в 1981—1982 и 1984—1986 гг., однако вторая половина его и июнь 1984 г. были холодными (среднемесячная температура июня 14,9 °С — наиболее низкая за весь наблюдаемый период). Сумма осадков в мае 1983 и 1985 гг. (соответственно 56,1 и 52,4 мм) была близка к норме (54,9 мм), в 1984 г. превышала ее в 1,7 раза, а в 1981, 1982 и 1986 гг. была гораздо ниже (22,0; 37,7; 26,0 мм). В результате исключительно неблагоприятных метеоусловий 1984 г., особенно в период цветения, наблюдалось запаздывание всех фенофаз брусники.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Брусника / В. Ф. Юдина, К. Г. Колупаева, Т. В. Белоногова и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 80 с. [2]. Елагин И. Н. Сезонное развитие сосновых лесов.— Новосибирск: Наука, 1976.— 230 с. [3]. Козирацкий Л. А. Ягодники и грибы в лесах Житомирского Полесья, пути их рационального использования и воспроизводства: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Киев, 1972.— 27 с. [4]. Мянни Р. Р. Некоторые аспекты биологии черники и брусники // Достижения и перспективы в области инвентаризации, изучения, рационального освоения и охраны недревесных лесных ресурсов на территории европейской части СССР: Тез. докл. науч.-произв. конф. 19—21 авг. 1986 г.— Тарту, 1986.— С. 95—96. [5]. Пааль Т. В., Пааль Я. Л. Фенология *Vaccinium vitis-idaea* L. в подзоне средней тайги (Карельская АССР) // Растит. ресурсы.— 1987.— Т. 23, вып. 1.— С. 37—46. [6]. Сниги-

рев Г. С., Раптунович Е. С. Фенология и формирование урожая черники, клюквы и брусники в подзоне широколиственно-сосновых лесов Белоруссии // Растит. ресурсы.—1980.—Т. 16, вып. 3.—С. 329—324. [7]. Теляшевский Д. А. Комплексное использование недревесной продукции леса.—2-е изд., перераб. и доп.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—261 с. [8]. Черкасов А. Ф. Сравнительный анализ некоторых способов прогнозирования фенофаз и урожая дикорастущих плодово-ягодных растений // Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения.—Петрозаводск, 1975.—С. 8—26. [9]. Шабарова С. И. Фенология цветения и плодоношения дикорастущих ягодников Украинского Полесья // Вопросы индикационной фенологии и фенологического прогнозирования. (Матер. VII и VIII совещ. актива фенологов Геогр. о-ва СССР).—Л., 1972.—С. 170—174.

УДК 630*232.216

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПОЧВ

Т. Т. МАЛЮГИН

Украинская сельскохозяйственная академия

В настоящее время при обработке почвы широко используется фрезерование, при котором за один проход тракторного агрегата с фрезой почва оказывается полностью подготовленной для посева или посадки семян. При традиционной же плужной обработке почвы после прохода пахотного агрегата требуется боронование и культивация.

Фрезерная обработка почвы находит все большее применение на нераскорчеванных вырубках, где из-за наличия корней она не может выполняться лемешными плугами.

В таких условиях наиболее распространена фреза лесная унифицированная ФЛУ-0,8 с ножевыми рабочими органами, укрепленными на барабане, получающем вращение от вала отбора мощности трактора. Ее Г-образные ножи, закрепленные на семи дисках, удерживаемых на валу силами трения, при встрече с крупными корнями, которые ножи не может перерезать, останавливаются, не повреждаясь вместе с диском. Ножи, укрепленные на остальных дисках, продолжают фрезерование почвы. При дальнейшем движении в фрезерование включается и задержанный нож.

Важными параметрами фрезерования признаны глубина обработки a и наибольшая толщина стружки b .

Из рис. 1 видно, что во время работы почвенной фрезы ее рабочий орган совершает два движения — поступательное со скоростью v и вращательное с частотой вращения ω . При этом должно быть соблюдено условие

$$u \sin \gamma > v,$$

где u — окружная скорость режущей части конца ножа, м/с,

$$u = \omega r,$$

ω — частота вращения барабана с ножевыми дисками, с⁻¹;

r — радиус фрезы — расстояние от геометрической оси вала барабана до режущей части конца ножа, м;

$$\sin \gamma > \frac{v}{u},$$

или

$$\sin \gamma > \frac{v}{\omega r}.$$

Из того же рис. 1 видно, что

$$\sin \gamma > \frac{r - a}{r},$$

поэтому

$$\frac{r - a}{r} > \frac{v}{\omega r},$$

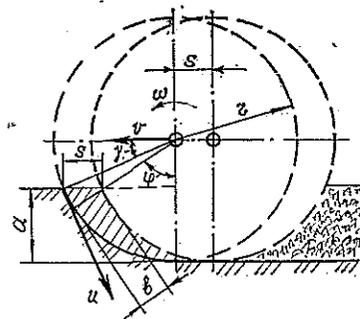


Рис. 1. Схема работы почвенной фрезы с ножевыми рабочими органами

или

$$a < r - \frac{v}{\omega}.$$

При соблюдении этой зависимости между глубиной обработки, линейными и кинематическими параметрами фрезы возможно фрезерование почвы.

На рис. 2 показана зависимость глубины обработки от поступательной скорости фрезы.

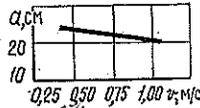


Рис. 2. Зависимость глубины фрезерования почвы от поступательной скорости фрезы

Наибольшую толщину стружки b с достаточной степенью точности можно определить, пользуясь выражением:

$$b = s \sin \varphi,$$

где s — шаг фрезы, т. е. величина поступательного движения фрезы за время, соответствующее повороту барабана на центральный угол между соседними ножами, м,

$$s = \frac{2\pi v}{z\omega},$$

z — число ножей на одном ножевом диске;

$$\sin \varphi = \frac{r \cos \gamma - s}{r - b},$$

откуда

$$b = s \frac{r \cos \gamma - s}{r - b},$$

или

$$b^2 - rb + s(r \cos \gamma - s) = 0.$$

Таким образом, наибольшую толщину стружки можно определить, пользуясь выражением:

$$b = \frac{r}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{r}{2}\right)^2 - s(r \cos \gamma - s)},$$

где

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \left(\frac{r-a}{r}\right)^2},$$

или

$$b = \frac{r}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{r}{2}\right)^2 - s \sqrt{2ar - a^2 + s^2}}.$$

Для фрезы ФЛУ-0,8, имеющей на каждом диске по восемь ножей, диаметр барабана 640 мм и частоту вращения 240 мин^{-1} , подача соответствует шагу и определяется из выражения:

$$s = \frac{2\pi v}{8 \cdot 8\pi} = \frac{v}{32},$$

а наибольшая толщина стружки

$$b = \frac{r}{2} - \sqrt{\left(\frac{r}{2}\right)^2 - \frac{v}{32} \sqrt{2ar - a^2 + \left(\frac{v}{32}\right)^2}}.$$

Результаты расчетов представлены на рис. 3.

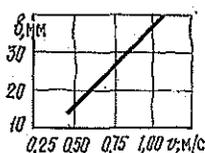


Рис. 3. Зависимость наибольшей толщины стружки от поступательной скорости фрезы

На основании выполненных исследований рекомендована глубина обработки почвы до 24 см (вместо принятой 15 см). Установлена зависимость наибольшей толщины стружки от скорости движения фрезы, что дает возможность получать толщину стружки, определяемую агротехническими требованиями.

УДК 658.155

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХОЗРАСЧЕТ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБЪЕДИНЕНИИ

А. О. БЛИНОВ, И. М. ШУМКОВА

ВНИПИЭИлеспром
Московский лесотехнический институт

Проблема оптимального сочетания интенсивных и экстенсивных факторов производства в условиях перевода отраслей лесного комплекса на хозрасчет — одна из наиболее актуальных. Экстенсивное производство исторически предшествует интенсивному. Интенсивное производство в чистом виде не существует, как бы мы к этому не стремились. Необходимость внедрения интенсивных методов производства диктуется ограниченностью ресурсов: сырьевых, трудовых, материальных, финансовых. Но даже если бы ресурсная база была неограниченной, то проблема интенсификации все равно являлась бы актуальной, так как только производство, основанное на преимущественно интенсивных методах, дает качественное изменение в факторах и механизме расширения этого производства, позволяет реализовать все возможности научно-технического прогресса и резко повысить эффективность экономики. Курс на интенсификацию обуславливается также необходимостью решения социальных задач, так как только на основе интенсификации можно быстро достичь удовлетворения всех потребностей населения.

Прогрессивная техника и технология дают увеличение выпуска продукции, улучшение его качества на основе более «быстрой» современной технологии, что, в свою очередь, приводит к ускорению экономических процессов. Но мы никогда не добьемся повышения эффективности производства и всей экономики в целом, если будем видеть сущность интенсификации только в замене одних машин другими, более эффективными. Это материальная основа, но необходим еще и соответствующий техническому базису хозяйственный механизм.

Этот хозяйственный механизм должен иметь в своей основе хозрасчет предприятий, однако необходимо разработать хозрасчетные отношения и на уровне территориальных производственных объединений. Взаимодействие между двумя этими звеньями явилось бы одним из элементов развития хозяйственного механизма нового типа, превращения хозрасчета в действительно всеобщий метод хозяйствования.

Хозяйственный механизм лесных территориальных производственных объединений (ТПО), основанный на экономических способах воздействий на предприятия, требует иной системы цен, в большей мере отвечающей принципам хозрасчета. В этой связи можно ставить вопрос о региональной реформе ценообразования, осуществляемой ТПО [1, 2]. Цены, по которым хозрасчетные предприятия в рамках территориальной кооперации должны обмениваться своей продукцией, строятся на договорных началах. Кроме того, предприятия должны планировать обеспечение себя сырьем и материалами, трудовыми ресурсами, т. е. иметь так называемый сценарий развития [4].

Одним из авторов статьи были разработаны методические положения формирования альтернативных сценариев развития и размещения территориальных лесопромышленных объединений [3]. При этом полученные результаты сравниваются между собой по приведенным, текущим и транспортным затратам, капиталовложениям, внутрирегиональным перевозкам древесного сырья и лесоматериалов, структуре древесного сырья и т. д.

В приведенном исследовании по развитию лесного комплекса Коми АССР до 1995 г., выполненном традиционным методом и идентичным по поставкам конечной продукции оптимальным вариантом, ежегодная экономия по приведенным затратам составляет 26,6 млн р. (см. таблицу).

Сравнительные технико-экономические показатели развития
лесного комплекса Коми АССР по вариантам

Показатели	Проект плана, млн р.	Оптималь- ный ва- риант, млн р.	Проект плана, % к оп- тималь- ному ва- рианту
Капиталовложения в развитие произ- водства, всего	418,0	311,8	74,6
Эксплуатационные затраты, всего	545,7	535,0	98,0
Транспортные затраты на внутрирегио- нальные перевозки древесного сырья	78,2	77,2	98,7
Итого:			
текущие затраты	623,9	612,2	98,1
приведенные затраты	688,6	660,0	96,1

В связи с полной самостоятельностью предприятий ТПО должны осуществлять посреднические функции по установлению рациональных хозяйственных связей между предприятиями, гармоническому развитию производственной и социальной инфраструктуры и т. д. Ведь речь идет не просто об изменении «субъекта командования» предприятиями (вместо центрального министерства — территориальные объединения), а о создании наиболее благоприятных условий для эффективного их функционирования. В новых условиях самостоятельные хозрасчетные предприятия будут сами добровольно делегировать часть функций, связанных с комплексным региональным развитием, территориальным органам, если те докажут, что могут выполнять их лучше, чем сами предприятия на основе прямых связей, т. е. обособление функций будет происходить не на основе административной регламентации сверху, а на основе экономической целесообразности, в частности, выгоды для основных звеньев народного хозяйства. Это, в свою очередь, поднимает ряд важных проблем, таких как образование социалистического рынка, который будет включать в себя не только рынок товаров народного потребления, но и рынок средств производства, сырья и материалов. Только в случае, если предприятие сможет свободно выбрать себе поставщиков, партнеров и покупателей, оно будет обладать реальной экономической свободой и станет полностью самостоятельным. В противном случае, при сохранении жесткого прикрепления поставщиков к потребителям или сохранения фондируемых материалов и товаров, экономическая самостоятельность становится фикцией, и диктат вышестоящей организации неизбежен. Субъектом хозяйственной деятельности выступает обособленное предприятие, которое отстаивает на рынке свои интересы. Но существуют еще и интересы государства, народа, стратегия общества и предприятия, которые не всегда совпадают. Устранение этих ножиц должно исходить из центра экономическими методами. Это воздействие центра возможно в виде налогов (нормативов) и госзаказа. Только при таком механизме реализации возможно существование расширенного производства интенсивного типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Блинов А. О. О проблемах, стоящих перед ТПО лесного комплекса // Лесн. журн.— 1989.— № 5.— С. 116—119.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Починков С. В. О хозяйственном механизме лесного комплекса // Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 98—103.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Починков С. В., Блинов А. О. Перспективное развитие лесного комплекса региона.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1989.— 48 с. [4]. Шумкова И. М. Методический подход к оценке эффективности выращивания цветочной продукции в закрытом грунте // Совершенствование хозяйственного механизма в отраслях лесного комплекса: Сб. науч. тр. / МЛТИ.— М., 1989.— Вып. 218.— С. 34—36.

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 378.6 : 630* (73)

**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ
В ОБЛАСТИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В США
(по материалам стажировки)**

Подготовка высококвалифицированных специалистов в области лесоводства, лесного хозяйства, лесопользования, экологии, природопользования ведется в 49 университетах и ряде колледжей США.

Система подготовки дипломированных специалистов в вузах США любого профиля в основном трехступенчатая: бакалавр (BS), магистр (MS), доктор философии (PhD). Колледжи готовят также адъюнктов (техников-прикладников). Например, в колледже Пола Смита за 2 года можно получить специальность лесного техника, специалиста по лесной рекреации, по городскому лесному хозяйству, инспектора.

В одном из старейших и наиболее престижных университетов США — Йельском — школа лесного хозяйства и изучения окружающей среды традиционно выпускает специалистов широкого профиля по основным направлениям лесного дела: магистров лесного хозяйства, лесных наук, окружающей среды.

Крупный университет штата Колорадо готовит в лесном департаменте выпускников по специальностям: международное лесное хозяйство, лесные науки и управление лесными ресурсами; географические информационные системы; количественный анализ политики и управления природными ресурсами; лесная экономика; лесная биология; лесные пожары.

Плата за обучение по лесному профилю — примерно 2-3 тыс. долларов в год. Если студент живет в общежитии, то плата выше. Например, в университете штата Колорадо стоимость обучения лесному делу составляет 2,1 тыс. долларов в год, а с общежитием — до 5,8 тыс. долларов.

Большая часть студентов действительно оплачивает свое обучение. Но часть студентов за высокие академические успехи получает именные стипендии, часть учится в кредит и либо выплачивает деньги после окончания учебного заведения, либо обязана отработать определенное время с заранее оговоренной оплатой в фирме, финансирующей обучение. Кроме того, некоторое число студентов учится бесплатно либо за счет государства, либо за счет других источников.

Таким образом, департамент (кафедра) или более крупная единица — колледж находится на «хозрасчете», т. е. их бюджет складывается из поступлений платы студентов за обучение, добровольных пожертвований отдельных лиц и организаций, доходов от деловой активности колледжа, государственных дотаций и т. д.

Государственные ассигнования являются одной из основных статей бюджета колледжа или университета, поэтому любое «урезание» федерального или иного бюджета на образование болезненно воспринимается общественностью, профессорско-преподавательским составом и особенно студенчеством.

Направленность подготовки кадров зависит от географического местоположения университета, т. е. обеспеченности природными ресурсами. Например, в университете штата Колорадо готовят лесных специалистов в области бизнеса и управления, в Вирджинии — по основным лесохозяйственным направлениям и лесопродуктам, в Массачусетсе преобладают направления экологии и индустрии отдыха. Выпускники работают преимущественно в том же штате, в частном бизнесе, в правительственных учреждениях, в качестве научных работников в частных или правительственных фирмах, а также в международных организациях.

Один из ведущих вузов США по подготовке лесных специалистов — университет штата Висконсин — выпускает специалистов по лесным почвам, лесной биологии, лесовосстановлению, лесопользованию, администрации, биометрии, бизнесу, биотехнологии, аэрокосмическим съемкам. Столь широкий профиль вуза объясняется относительно высокой обеспеченностью лесными ресурсами, традициями и нечетко поставленными акцентами на приоритеты.

Пояснить это можно на примере университета штата Массачусетс. Его университет — один из старейших в стране. Леса, покрывающие 2/3 площади штата, прекрасные ландшафты, близость океана выдвинули здесь в последние годы на первые роли подготовку специалистов экологического и ландшафтно-архитектурного профиля. Например, если в департаменте (на кафедре) лесного хозяйства в 1979/80 учебном году по специальности «Лесное хозяйство» обучалось около 150 студентов, то сейчас число их снизилось до 35. И наоборот, по специальности «Биология диких животных и рыб»

контингент увеличился до 105 студентов, или втрое по сравнению с 1979/80 учебным годом. Помимо указанных специальностей, в департаменте есть еще две: «Природные ресурсы» и «Деревообработка». Руководство департамента продолжает кампанию, начатую около 10 лет назад, по привлечению девушек для обучения в департаменте. Если в 1983/84 учебном году их численность была 18,2 %, то в 1987/88 учебном году — уже 31,4 % от общего числа студентов.

Кроме лесного департамента, в колледже пищевых и природных ресурсов этого университета есть ряд других, среди них департамент ландшафтной архитектуры и регионального планирования готовит специалистов по направлениям: дизайн окружающей среды, ландшафтная архитектура, ресурсы и значение отдыха.

Специалисты разных направлений и школ в первую очередь ориентированы на изучение биологии леса, его флоры и фауны, на сохранение и преумножение лесных богатств, улучшение мест обитания диких животных, сохранение и увеличение полноводности озер, рек и ручьев — мест обитания рыб.

Учебные планы, а точнее — набор курсов, составлены каждым колледжем или университетом, исходя из своих возможностей и специфики подготовки выпускников. При плане развития департамента или колледжа создается консультативный комитет. Так, по лесохозяйственной программе (плану) имеется лесной консультативный комитет. В комитет входят представители государственных и федеральных агентств, частной промышленности, различных общественных организаций по окружающей среде, владельцы непромышленных лесов и т. д. Члены комитета рассматривают все аспекты развития департамента и дают рекомендации по составу дисциплин обучения и направлений исследовательской деятельности.

Например, цель лесохозяйственной программы в Массачусетском университете сформулирована следующим образом.

1. Обеспечить высококачественную программу начального (степень бакалавра) уровня, по которой готовят студентов для карьеры лесохозяйственного профиля с акцентом на многоотраслевую и доходную деятельность в урбанизированных регионах, а также общеобразовательную подготовку в науках и гуманитарных областях для дальнейшего развития и плодотворного участия в жизни общества.

2. Дать образовательную и практическую подготовку специалистам в области управления и исследования лесных ресурсов посредством программы продвинутого (степень магистра) уровня, сконцентрировав ее в первую очередь, но не исключительно, на местных и региональных потребностях для многоотраслевого и прибыльного пользования лесом в большинстве урбанизированных штатов.

3. Определить и выполнить исследования, относящиеся к сохранению и усилению различных полезных лесов в урбанизированных штатах и регионах и адресовать их национальным и мировым ресурсным проблемам, где департамент может сделать заметный вклад.

4. Обеспечить расширение обслуживания в регионе по передаче технической информации лесоправляющим и владельцам непромышленных лесов, обеспечить возможности непрерывного образования, т. е. консультации частных, промышленных, государственных и федеральных лесничих и поднять общую общественную (публичную) осознанность важности сохранения и увеличения лесных ресурсов в штате.

Учебный план должен быть аккредитован Обществом американских лесоводов (SAF).

Дисциплины учебного плана чаще всего распределяются по уровням (см. таблицу).

Уровень дисциплины	Уровень образования
100—299	Первый и второй курсы университета, либо цикл обучения в отдельном колледже. Уровень техника (AAS)
300—499	Старшие (третий и четвертый) курсы университета. Уровень бакалавра наук (BS)
500—699	Продвинутое образование (как правило два года). Уровень магистра наук (MS)
700—799	Дисциплины высшего уровня, которые необходимы для обязательного успешного прохождения до защиты на степень доктора философии или доктора прикладных наук (в общем — PhD)

Структура учебного плана университета штата Массачусетс показывает неравномерность объединения дисциплин в группы и блоки.

Группа общеобразовательных дисциплин представлена четырьмя блоками: коммуникация (8 зачетных часов), общеобразовательные науки и математика (23), обще-

ственные и гуманитарные (18) и по выбору (15). Всего 64 зачетных часа. Дисциплины по выбору (15 часов) могут быть взяты из перечня в 175 курсов, читаемых в университете, от истории и искусства до поведенческих наук и дисциплин профессионального обучения. Эти 15 часов могут быть также добавлены к часам уже взятых курсов для более глубокой проработки дисциплины.

Профессиональное образование включает лесобиологические дисциплины (18-19 ч), измерение лесных ресурсов (12), управление лесными ресурсами (15), политика и администрация лесных ресурсов (12). Всего 57-58 зачетных часов. Кроме того, добавляются часы на летние практики. Для получения степени бакалавра (BS) необходимо успешно сдать не менее 60 зачетов, а магистра — не менее 120 зачетов.

Ниже приведен спектр дисциплин, входящих в блоки, по возрастанию сложности (от уровня 100 до 499 и выше). В скобках дан уровень и недельное число часов дисциплины. Время на изучение одной дисциплины не превышает одного семестра.

Коммуникация: письмо (112; 3), профессиональное письмо (390; 3), старший лесной семинар (492; 2), в котором в основном развивается речевое общение.

Общобразовательные науки: введение в физику (139; 3), алгоритмизация, геометрия и тригонометрия (104; 3), общая ботаника (100; 4), общая химия (110; 4), линейные методы, теория вероятностей (121; 3), физическая геология.

Общественные и гуманитарные науки: микроэкономика (103; 3), мировое искусство и литература (6), мировая история (6), общественно-поведенческие науки (3).

Лесобиологические дисциплины: лесная ботаника (212; 3), древесная анатомия и определение древесины (201; 3), лесная экология (323; 3), лесные почвы (324; 3), лесоводство (426; 3), лесная энтомология (572; 4) либо лесная патология (510; 3).

Измерение лесных ресурсов: введение в лесное хозяйство (191; 1), лесные измерения и введение в компьютерные расчеты (225; 4), учет ресурсов (334; 3), интерпретация аэрофотоснимков (531; 4).

Управление лесными ресурсами: введение в лесное хозяйство (192; 1), основы управления дикими животными (261; 3), внешняя рекреация (205; 3), лесозаготовки (321; 3), многоотраслевое управление (540; 3), лесоправление (542; 2).

Политика и администрация лесных ресурсов: введение в лесное хозяйство (192; 1), контроль за использованием земли (363; 3), лесная экономика (536; 3), лесная политика (535; 2), администрация ресурсов (490; 3).

Дисциплины по выбору (лесохозяйственный профиль): рост деревьев (316), управление непромышленными лесами (410), лесные пожары (515), физиология дерева (527), лесная гидрология и хозяйство в водохранилищах (528), введение в системную экологию (577), введение в цифровую сканерную съемку (587), первичная переработка древесины (402), лесные продукты (403), свойства древесины (404), консервация древесины (508), инспектирование (201) и другие дисциплины по вопросам роста, развития и защиты растений; физики, химии, микробиологии лесных почв; геологические науки; вопросы экономики и маркетинга и т. д. Всего — 45 дисциплин.

Занятия проводятся 5 дней в неделю. Недельная аудиторная нагрузка студентов колеблется от 16 до 20 часов (или 3-4 50-минутных урока в день). Остальное время студенты, как правило, отводят на работу в библиотеках и компьютерных классах, на научную работу под руководством преподавателя. В общей сложности время обязательных аудиторных занятий не выходит за рамки 7...7,5 месяцев (28...30 недель) учебы или 530...570 часов в год.

Во время обучения текущий контроль за знаниями студентов осуществляется в виде письменных опросов (квизов), чаще сдаваемых на машине. В случае академической неуспеваемости об этом ставят в известность родителей или опекунов студента независимо от его согласия. После предупреждения студент может быть отчислен из университета. При заболелании студент обязан обратиться в поликлинику, которая немедленно ставит в известность администрацию колледжа. Однако случаи пропуска занятий или отчислений студентов за неуспеваемость весьма редки. Студенты удивительно работоспособны, умеют ценить свое и чужое время. Во время защиты курсовых, студенческих, научных, исследовательских и других работ или проектов роль комиссии часто выполняют сами студенты. Обсуждение ведется достаточно бурно, но строго и с уважением достоинства испытуемого. Это скорее разбор с позиции: «А как можно улучшить работу?».

Стиль отношений между студентами и преподавателями непривычен для нас. Скорее это доброжелательные отношения равных партнеров процесса обучения. Дистанция между студентами и преподавателями в США много меньше, чем у нас. В то же время чувствуется взаимное уважение.

По окончании колледжа выпускник защищает выпускную работу на степень бакалавра наук и получает диплом колледжа. Для получения диплома, равного по статусу диплому нашего вуза, выпускнику колледжа надо потратить еще 2 года и защищать выпускную работу на степень магистра (мастера наук) в университете. При желании, потратив еще 3 года или более, можно получить степень доктора философии («пи-эйч-ди»). Западные специалисты в области сравнительной педагогики приравни-

вают это звание к нашему званию кандидата наук. При каком-либо официальном представлении лиц со степенями указывают место получения степени бакалавра, магистра и доктора. Это объясняет стремление получить степень в одном из наиболее престижных университетов, хотя редко две степени обретают в одном месте. Чаще, например, степень бакалавра присвоена в Джорджии, магистра — в Нью-Джерси, а доктора — в Йеле. Перерыв во времени между полученным смежных степеней может быть любой продолжительности.

Звание профессора дается в той области, где сделано наибольшее число разработок, фактически при подготовке к защите докторской диссертации. Например, есть звание профессора по лесоводству, лесному управлению, лесной статистике и моделированию, лесному хозяйству, т. е. нет жесткой регламентации. Как правило, позиция полного профессора дается после того, как соискатель убедительно доказал провозмерность своих притязаний на эту должность в виде публикаций, выступлений на различных уровнях, активной общественной позицией. Должность профессора университета — пожизненная, т. е. без переизбрания на новый срок, при условии, что профессор продолжает работать в этом университете. По достижении 60 лет профессор, как правило, должен уйти на пенсию, хотя университет может сделать исключение.

В. К. Тепляков

Московский лесотехнический институт

БОЛЬШОЕ СПАСИБО, АННА ИВАНОВНА!

«Лесной журнал» выходит с 1958 г. Но уже с сентября 1957 г. началась большая подготовительная работа. В научных кругах известно, как много обязанностей в редакциях журналов приходится на долю ответственного секретаря.

На эту должность в «Лесной журнал» была приглашена Анна Ивановна Кольцова. К тому времени она уже имела богатый опыт работы в газетных и книжных издательствах Москвы и Архангельска. Это помогло ей и всему коллективу редакции быстро наладить четкую систему приема, регистрации и продвижения публикуемых материалов, весь издательский процесс.

Анна Ивановна никогда не была чисто кабинетным работником. У нее постоянные оперативные связи с типографией, она сама квалифицировано верстает номера «Лесного журнала». За все эти годы в редакцию не поступало жалоб, замечаний по качеству издания журнала.

Высокая образованность, эрудиция и интеллигентность снискали огромное уважение к Анне Ивановне со стороны многочисленных авторов и рецензентов «Лесного журнала», членов редакционной коллегии. Подтверждение тому — многочисленные благодарственные письма авторов за внимательное отношение к их статьям, большую работу над ними, множество поздравлений к праздничным датам, дню рождения.

Ответственному секретарю приходится сообщать авторам и об отклонении статей редколлекцией. Письма, подготовленные А. И. Кольцовой, всегда точны, корректны, тактичны.

За 34 года работы в редакции «Лесного журнала» Анна Ивановна составила ясное представление о научных направлениях, школах, ведущих ученых, что оказывает неоценимую помощь редколлекции журнала.

Заместители главного редактора благодарны Анне Ивановне за незримые уроки мастерства, трудолюбия, культуры общения, принципиальности.

Эта заметка появилась потому, что Анна Ивановна решила уйти на пенсию. Она подготовила себе хорошую смену, но и сейчас часто бывает в редакции. Мы рады видеть ее, желаем ей здоровья, бодрости, оптимизма, успехов в передаче любимым правнукам тех высоких качеств, за которые мы уважаем и любим нашу Анну Ивановну!

**Редколлегия и редакция
«Лесного журнала»**

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. П. Смирнов. Бонитирование лесорастительных условий в осушенных сосняках	3
В. И. Бирюков. Рост культур тополей в различных условиях произрастания	7
Н. А. Бабич, Г. И. Травникова. Структура фитомассы сосняков искусственного происхождения борового экологического ряда	10
Л. Г. Попова, А. А. Юринова, М. В. Кузьмина, А. П. Евдокимов, А. И. Киприанов. Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны	16
Ю. А. Кузнецов. Скорость продвижения фронта пожара по сухим травостоям безлесных участков	21
Л. Т. Свиридов. Исследование прочности крепления крылаток к лесным семенам	25
А. А. Высоцкий, Н. Н. Лавриненко. Структура насаждений сосны по смолопродуктивности деревьев	28

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. В. Жуков, А. И. Кирильчик. Динамика криволинейного движения лесовозного автопоезда	33
Н. П. Коваленко, О. И. Данченко, А. Д. Худяков. Результаты исследования плотности осушаемых торфяников	38
Э. А. Келлер. Определение амплитуд крутильных колебаний системы привода бензиномоторных пил	43
И. Н. Ощипок. К вопросу о влиянии ветра на валку деревьев	45
В. Д. Есафов, Н. Н. Смирнов. Транспортная система для перевозки крупнобаритных грузов по бездорожью	49
В. С. Морозов. О расчете на прочность оснований зимних автомобильных дорог на болотах	52

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Г. С. Шубин, А. В. Чемоданов. Новые данные о влиянии испарения на теплообмен при конвективной сушке (на примере древесины)	58
К. Ф. Дьяконов, Т. К. Курьянова, В. А. Щекин. Гигроскопичность термообработанной древесины	63
Ю. В. Вихров, П. С. Бобарыко, А. В. Дорожко, Л. П. Рыбалтовская. Физико-механические свойства древесины археологического челна XV века	67
С. Г. Елсаков. Математическое моделирование раскроя пиловочного сырья неправильной формы с использованием сплайн-функции	70
Г. Ф. Прокофьев, Ю. А. Варфоломеев. Применение кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы	73
Н. И. Ковзун. О пересмотре стандарта на межпильные прокладки для вертикальных лесопильных рам	77
В. Г. Ремизов, М. В. Козлов, Ю. Д. Таршис. Математическая модель лущения фанерного шпона	83

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, П. А. Хотилевич. Использование лигносульфонатов в производстве древесностружечных плит	89
Б. П. Ерыхов, М. Г. Крымер, А. С. Головков, А. А. Евсеев, Л. А. Щербин. Исследование структуры диэлектрического слоя электростатической бумаги с использованием высокочастотного резонансного метода	95
А. Я. Киповский, В. А. Выродов, Г. А. Степанова. Кинетические закономерности полимеризации скипидара (без пинена) и его компонентов в присутствии титанового катализатора	100
И. В. Кудрявцева, О. А. Терентьев, А. И. Шишкин. Проблемы экологии в лесном комплексе	104

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>В. И. Мосягин, Т. А. Жарова, В. К. Конева, В. В. Мальцева, С. В. Эйсснер.</i> Учет и распределение расходов по содержанию и эксплуатации оборудования в мебельном производстве	110
<i>В. П. Тростинская, Т. П. Беляева.</i> Классификация и структура мотивов текучести кадров на фанерных предприятиях	113
<i>П. С. Гейзлер.</i> Экономико-математическая модель внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства	116
<i>В. П. Бычков, В. М. Заложных.</i> Оптимизация распределения средств на развитие автомобильного транспорта	120
<i>В. А. Прегер.</i> Аренда и лесосплав	123

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>П. Н. Таргонский.</i> Особенности цветения брусники на южной границе ее сплошного распространения	127
<i>Т. Т. Малюгин.</i> Об определении некоторых параметров фрезерования почв	129
<i>А. О. Блинов, И. М. Шулкова.</i> Интенсификация производства и хозрасчет в территориальном объединении	131

ЗА РУБЕЖОМ

<i>В. К. Тепляков.</i> Подготовка специалистов в области лесного хозяйства в США (по материалам стажировки)	133
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Редколлегия и редакция «Лесного журнала». Большое спасибо, Анна Ивановна! 137

Рефераты	142
--------------------	-----

CONTENTS

FORESTRY

A. P. Smirnov. Estimation of Forest Vegetation Conditions in Drained Pine Forests	3
V. I. Biryukov. Poplar Growth Depending upon their Environment and Location	7
N. A. Babich, G. I. Travnikova. Pine Woodmass Structure of Artificial Phyto-genesis of Bor Ecological Sere	10
L. G. Popova, A. A. Yurina, M. V. Kuzmina, A. P. Evdokimov, A. I. Kip-rianov. Effect of Sulphate Black Liquor Based Preparations on Germina-tion and Growth of Pine and Spruce Plantlets	16
Yu. A. Kuznetsov. Speed of Fire Front Advance in Dry Grass Stands of Wood-less Divisions	21
L. T. Sviridov. Investigation of the Stability of Fixing the Wings to the Forest Seeds	25
A. A. Vyeesotsky, N. N. Lavrinenko. Structure of Pine Stands According to Tree Resin Productivity	28

FOREST EXPLOITATION

A. V. Zhukov, A. I. Kirilchik. Dynamics of Curvilinear Movement of Logging Truck Train	33
N. P. Kovalenko, O. I. Danchenko, A. D. Rhudyakov. Results of Drained Peatbog Examination	38
E. A. Keller. Determination of Torsion Oscillation Amplitudes of Petrol Motor-Powered Saw Drive System	43
I. N. Oshchipok. On Problem of Wind Affecting Tree Felling	45
E. D. Esafov, N. N. Smirnov. Large Dimension Load Transporting System on Bad Roads	49
V. S. Morozov. On Problem of Strength Calculation of Winter Bog Motor Roadbeds	52

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

G. S. Chubin, A. V. Chemodanov. New Data on Evaporation Effect on Convec-tion Drying Heat Exchange (Wood)	58
K. F. Djakonov, T. K. Kurjanova, V. A. Shchekin. Hygroscopicity of Heat Treated Wood	63
Yu. V. Vikhrov, P. S. Bobaryko, A. V. Dorozhko, L. P. Rybaltovskaya. Physico-Mechanical Wood Properties of XV Century Archaeological Boat	67
S. G. Elsakov. Mathematical Spline-Function Modelling of Irregular Sawlog Cutting	70
G. F. Prokofiev, Yu. A. Varfolomeev. Application of Crank—Slotted Link Mechanism as Sequence Mechanism of Cutting and Frame Saw Feeding Speeds	73
N. I. Kovzun. On Revision of Vertical Gang Saw Spacer Standard	77
V. G. Remizov, M. V. Kozlov, Yu. D. Tarshis. Mathematical Model of Rota-ry Peeling	83

CHEMICAL WOODWORKING

A. A. Albert, L. P. Kovrizhnyh, P. A. Khotilovitch. Using Lignosulphonates in Particleboard Manufacture	89
B. P. Erykhov, M. G. Krymer, A. S. Golovkov, A. A. Evseev, L. A. Shcher-bin. High-Frequency Study of Dielectric Layer Structure of Electrofax Paper	95
A. Ya. Kipovsky, V. A. Vyrodov, G. A. Stepanova. Kinetic Lams of Turpen-tine Polymerization (Without Pinene) and its Components in the Presence of Titanium Catalyst	100
I. V. Kudryavtseva, O. A. Terentiev, A. I. Shishkin. Ecological Problems in Forest Complex	104

 ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>V. I. Mosyagin, T. A. Zharova, V. K. Koneva, V. V. Maltseva, S. V. Aissner.</i> Accounting and Distribution of Maintenance Expenses in Furniture Making	110
<i>V. P. Trostinskaya, T. P. Belyaeva.</i> Classification and Structure of Staff Turnover Motives at Plywood Enterprises	113
<i>P. S. Geizler.</i> Economic Mathematical Model for In-Regional Location of Logging Production	116
<i>V. P. Bychkov, V. M. Zalozhnykh.</i> Distribution Optimization of Means for Autotransport Development	120
<i>V. A. Preger.</i> Lease and Floatage	123

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>P. N. Targonsky.</i> Features of Cowberry Blooming at Southern Boundary of its Dense Propagation	127
<i>T. T. Malugin.</i> On Determination of Some Soil Milling Parameters	129
<i>A. O. Blinov, I. M. Shumkova.</i> Industrial and Economic Accounting Intensification in Territorial Objedineniye	131

ABROAD

<i>A. K. Teplyakov.</i> Training Forestry Specialists in USA (Internship Materials)	133
-------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Editorial Board and Staff of „Lesnoy Zhurnal“</i> Thank You Very Much, Anna Ivanovna!	137
----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Précis	142
------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*54:630*385.1

Бонитирование лесорастительных условий в осушенных сосняках. СМИРНОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 3—6.

Предложен новый метод оценки качества лесорастительных условий в осушенных сосняках, основанный на использовании бонитетной шкалы ЛенНИИЛХ и верхней высоты древостоев. Табл. 1. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 630*232:674.031.522.23

Рост культур тополей в различных условиях произрастания. БИРЮКОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 7—10.

Изложены результаты изучения роста различных видов тополей в условиях лесостепной опытно-селекционной станции. Приведены рекомендации по 22 видам тополей. Отмечены длительность и быстрота роста на богатых, влажных, хорошо азрированных почвах. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*228:630*5

Структура фитомассы сосняков искусственного происхождения борového экологического ряда. БАБИЧ Н. А., ТРАВНИКОВА Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 10—16.

Приведены результаты определения запасов надземной фитомассы 47-летних сосняков искусственного происхождения в разрезе неполного борového экологического ряда северной подзоны тайги Архангельской области. Ил. 3. Табл. 5. Библиогр. список: 23 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны. ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., КУЗЬМИНА М. В., ЕВДОКИМОВ А. П., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 16—21.

Исследована возможность применения био-препаратов на основе черных сульфатных щелоков для предпосадочной обработки семян ели и сосны. Показано, что испытанные продукты способствуют повышению приживаемости и качества посадочного материала. Наибольшее положительное влияние на саженцы ели оказали растворы листового черного щелока, на саженцы сосны — растворы водорастворимой фракции органических веществ того же щелока. Табл. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*432.31

Скорость продвижения фронта пожара по сухим травостоям безлесных участков. КУЗНЕЦОВ Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 21—25.

Приведено уравнение скорости продвижения фронта пожара. Расчет коэффициентов регрессии сделан эмпирическим методом с применением факторного планирования и регрессионного анализа. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*232.312

Исследование прочности крепления крылаток к лесным семенам. СВЯРИДОВ Л. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 25—28.

Приведены результаты определения прочности крепления крылаток к семенам методом излома для различных древесно-кустарниковых пород. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*165:630*174:630*892.6

Структура насаждений сосны по смолопродуктивности деревьев. ВЫСОЦКИЙ А. А., ЛАВРИНЕНКО Н. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 28—32.

Приведены данные о биологической смолопродуктивности деревьев сосны обыкновенной, крымской и черной в естественных и искусственных насаждениях разного возраста и условий произрастания. Установлены критерии для плюсовых по смолопродуктивности деревьев и интенсивности отбора ценного генетического фонда. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 629.114.3:531

Динамика криволинейного движения лесовозного автопоезда. ЖУКОВ А. В., КИРИЛЬЧИК А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 33—38.

Приведена расчетная схема динамики криволинейного движения лесовозного автопоезда и дана система конечных дифференциальных уравнений. Разработанная математическая модель динамики криволинейного движения лесовозного автопоезда дает возможность на стадии проектирования оценивать маневренные свойства автопоездов с различными системами управления в зависимости от их конструктивных параметров и режима движения на повороте. Ил. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*114.11:630*114.444:631.62

Результаты исследования плотности осушаемых торфяников. КОВАЛЕНКО Н. П., ДАНЧЕНКО О. И., ХУДЯКОВ А. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 38—42.

Изложены результаты полевых и лабораторных исследований физико-механических свойств торфа на опытных участках осушаемых болот. Получены эмпирические зависимости, позволяющие определить коэффициенты пористости, эквивалентные уплотняющие давления и относительную осадку торфа. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*36:621.936.6

Определение амплитуд крутильных колебаний системы привода бензиномоторных пил. КЕЛЛЕР Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 43—45.

Исследованы крутильные колебания системы привода серийной бензопилы МП-5 «Урал-2». Приведены теоретическая модель и результаты расчета амплитуд угловых колебаний дискретных масс. Табл. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*323.13:630*181.23

К вопросу о влиянии ветра на валку деревьев. ОЩИПОК И. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 45—49.

Приведена методика определения ветровых нагрузок и изгибающих моментов, действующих на лесозаготовительную машину во время валки деревьев. Ил. 1. Табл. 2.

УДК 629.114.45

Транспортная система для перевозки крупногабаритных грузов по бездорожью. ЕСАФОВ В. Д., СМИРНОВ Н. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 49—52.

Приведено общее устройство и принцип действия импульсной транспортной системы для движения по бездорожью. Эта система позволяет использовать практически любую мощность привода без ограничения ее по

сцеплению движителя с верхним покрытием трассы. Предложена общая компоновка схемы для перевозки крупногабаритных грузов. Ил. 2.

УДК 630*383.2.001.2

О расчете на прочность оснований зимних автомобильных дорог на болотах. МОРОЗОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 52—57.

Изложена методика исследования напряженного состояния в поперечных сечениях плит (балок) при их изгибе с учетом анизотропии модуля упругости материала при сжатии и растяжении. Дан пример расчета напряжений для основания зимней дороги из мерзлого торфа. Ил. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.04

Новые данные о влиянии испарения на теплообмен при конвективной сушке (на примере древесины). ШУБИН Г. С., ЧЕМОДАНОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 58—63.

Приведены эксперименты с использованием лазерной установки и интерферометра, в результате которых сделаны выводы о выносе частиц жидкости в пограничный слой при испарении (сушке) с поверхности древесины. Ил. 3. Библиогр. список: 25 назв.

УДК 630*812:630*845.54

Гигроскопичность термообработанной древесины. ДЬЯКОНОВ К. Ф., КУРЬЯНОВА Т. К., ЩЕКИН В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 63—67.

Приведены результаты исследований изменения гигроскопичности древесины сосны и березы, обработанной при различных температурах при их длительном хранении. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*812

Физико-механические свойства древесины археологического члена XV века. ВИХРОВ Ю. В., БОБАРЫКО Л. С., ДОРОЖКО А. В., РЫБАЛТОВСКАЯ Л. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 67—69.

Приведены результаты исследования физико-механических свойств дубового члена XV века. Установлены изменения полученных свойств археологической древесины по сравнению со здоровой. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.093

Математическое моделирование раскрытия пилочного сырья неправильной формы с использованием сплайн-функции. ЕЛСАКОВ С. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 70—73.

Математическое описание раскрытия пилочного сырья неправильной формы с использованием сплайн-функции позволяет с реальной точностью производить имитацию раскрытия хлыстов, бревен, брусьев и необрезных досок. Ил. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 621.933.6

Применение кривошипно-куличного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы. ПРОКОФЬЕВ Г. Ф., ВАРФОЛОМЕЕВ Ю. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 73—77.

Применение кривошипно-куличного механизма, встроенного в механизм подачи лесопильной рамы, позволяет поднять производительность ее на 15...20%. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.053:621.933.6(083.75)

О пересмотре стандарта на межпильные прокладки для вертикальных лесопильных рам. КОВЗУН Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 77—83.

Проанализирована правильность постановки задачи расчета толщины межпильной прокладки различными методами. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.023.001.572

Математическая модель лущения фанерного шпона. РЕМИЗОВ В. Г., КОЗЛОВ М. В., ТАРШИС Ю. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 83—88.

Авторами предложена математическая модель разрушения (резания) древесины чурача в районе режущей кромки ножа, основанная на анализе напряженно-деформированного состояния древесины. Ил. 5. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 54:674.815-41

Использование лигносульфонатов в производстве древесностружечных плит. ЭЛЬБЕРТ А. А., КОВРИЖНЫХ Л. П., ХОТИЛОВИЧ П. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 89—95.

Путем модифицирования лигносульфонатов (ЛС) персульфатом аммония и солями алюминия удалось добиться замещения на ЛС 20...30% карбамидоформальдегидных смол и уменьшить выделение формальдегида при изготовлении и эксплуатации плит. Табл. 8. Библиогр. список: 21 назв.

УДК 676.017

Исследование структуры диэлектрического слоя электростатической бумаги с использованием высокочастотного резонансного метода. ЕРЫХОВ Б. П., КРЫМЕР М. Г., ГОЛОВКОВ А. С., ЕВСЕЕВ А. А., ЩЕРБИН Л. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 95—100.

Установлено, что использование высокочастотного резонансного метода позволяет выявить особенности структуры диэлектрического слоя и раскрыть их взаимосвязь с электрофизическими характеристиками. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*892.6

Кинетические закономерности полимеризации скипидара (без пинена) и его компонентов в присутствии титанового катализатора. КИПОВСКИЙ А. Я., ВЫРОДОВ В. А., СТЕПАНОВА Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 100—104.

Установлено, что основное количество полимерных продуктов образуется за счет 3-карена, дипентена и терпинолена. Определены кинетические константы реакции полимеризации скипидара (без пинена) и его основных компонентов. Наиболее высокий выход полимерных продуктов при полимеризации скипидара наблюдается при повышенных значениях температуры. Ил. 6. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*18

Проблемы экологии в лесном комплексе. КУДРЯВЦЕВА И. В., ТЕРЕНТЬЕВ О. А., ШИШКИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 104—109.

Дана оценка экологичности производственного цикла лесного комплекса, включая лесное хозяйство, лесопильно-деревообрабатывающее производство, гидролизную и целлюлозно-бумажную промышленность.

УДК 658.27:684

Учет и распределение расходов по содержанию и эксплуатации оборудования в мебельном производстве. МОСЯГИН В. И., ЖАРОВА Т. А., КОНЕВА В. К., МАЛЬЦЕВА В. В., ЭЙССНЕР С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 110—113.

Показано, что с расширением автоматизации мебельного производства и внедрением новых технологических процессов возрастает доля расходов по содержанию и эксплуатации оборудования (РСЭО) в себестоимости продукции. Проанализированы методы распреде-

ления РСЭО с учетом особенностей расходов и специфики производства. Обоснована целесообразность применения сметных ставок, изложен порядок их расчета на единицу продукции. Табл. 1.

УДК 658.3:674.093.26

Классификация и структура мотивов текучести кадров на фанерных предприятиях. ТРОСТИНСКАЯ В. П., БЕЛЯЕВА Т. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 113—116.

Рассмотрены результаты анкетирования работающих, увольняющихся и вновь поступающих на шести фанерных предприятиях. Дана классификация, выявлены причины и структура мотивов текучести кадров. Указаны основные группы факторов, влияющих на текучесть кадров фанерных предприятий. Табл. 1.

УДК 338.26.001.57

Экономико-математическая модель внутрирайонного размещения лесозаготовительного производства. ГЕИЗЛЕР П. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 116—120.

Рассмотрены вопросы обоснования размещения объектов лесозаготовительного производства, рационализации грузопотоков древесины в масштабах регионов, крупных лесозаготовительных объединений и предприятий. Предложены экономико-математические модели, описывающие этот процесс и сводящиеся к решению задач с помощью транспортного алгоритма. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 630*78:656.13

Оптимизация распределения средств на развитие автомобильного транспорта. БЫЧКОВ В. П., ЗАЛОЖНЫХ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 120—123. Приведена методика расчета рационального распределения капитальных затрат между вариантами улучшения дорожной сети, приобретения подвижного состава и улучшения технического обслуживания транспортных средств для выполнения возросшего объема грузовой работы.

УДК 658.155:630*378.3

Аренда и лесослав. ПРЕГЕР В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 123—126.

Вскрыты недостатки действующего планирования, тормозящие развитие арендной формы организации труда. Показано несовершенство системы ценообразования как инструмента расчетов по лесославной деятельности. Определены пути ликвидации убыточности предприятий лесной отрасли, тяготеющих к лесославу.

УДК 630*181.521:634.738

Особенности цветения брусники на южной границе ее сплошного распространения. ТАРГОНСКИЙ П. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 127—129.

Проанализирован ход цветения брусники в 1981—1986 гг. в Центральном Полесье Украины (Житомирская область), на южной границе ее ареала. Рассмотрена зависимость наступления фенофаз от особенностей метеорологических условий вегетационного периода. Табл. 1. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630*232.216

Об определении некоторых параметров фрезерования почв. МАЛЮГИН Т. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 129—131.

Теоретически определены такие основные параметры фрезерования почв, как глубина фрезерования и наибольшая толщина почвенной стружки. Приведены графики зависимости их от скорости движения фрезы. Ил. 3.

УДК 658.155

Интенсификация производства и хозрасчет в территориальном объединении. БЛИНОВ А. О., ШУМКОВА И. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 131—132. Рассмотрена проблема интенсификации лесного комплекса в условиях хозяйственного расчета. Освещена проблема взаимоотношения предприятий с центром, с ТПО в условиях перевода их на хозрасчет и самофинансирование. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 378.6:630*(73)

Подготовка специалистов в области лесного хозяйства в США (по материалам стажировки). ТЕПЛЯКОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 3, с. 133—136.