

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

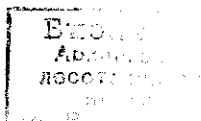
ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

1

1988

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



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. П. Н. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

«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. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдано в набор 16.11.87. Подписано в печать 05.02.88. Ст. 03163.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 13,075. Уч.-изд. л. 15,55 + вклейка. Тираж 1750 экз. Заказ 7937. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева.

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

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

ВКЛАД ЛЕСНОЙ НАУКИ В ПЕРЕСТРОЙКУ — КАКИМ ОН БУДЕТ?

В наши дни перестройка захватила все общество, все его сферы. Но по степени, характеру участия в перестройке все мы растянулись, выражаясь старым языком, по «дистанции огромного размера». Если бы удалось собрать статистику активности людей в перестройке, то она скорее всего была бы похожа на кривую нормального распределения с большой левосторонней скошенностью. Впереди (т. е. слева) небольшое число энтузиастов. Основная масса — сзади, ближе к хвосту — люди, ожидающие указаний сверху, рекомендаций, организаторской работы и т. д. Они не против перестройки, но пассивно ждут.

Где же в этом строю находится лесная наука и один из ее печатных органов — «Лесной журнал»? Отдельные представители лесной науки есть и в авангарде. Но в целом она тоже располагается ближе к хвосту. Нет большого смысла выяснять, какая лесная наука впереди — отраслевая или вузовская. Обе они «не впереди». Обе в большом долгу перед народом. Обе перестраиваются медленно.

Возьмем два примера.

Первый — огромный ущерб, наносимый предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности нашим рекам, озерам, атмосфере. Проблема эта возникла не сегодня и не вчера, проблема засарелая. И виноват здесь не один Минлесбумпром. Не на высоте оказалась лесохимическая наука, в том числе и вузовская. Эффективные способы очистки стоков до сих пор не разработаны, а многое из того, что предложено наукой, не внедрено в производство. Пассивность во внедрении обоюдная. Но если у науки меньше и возможности, и ущерб, то у промышленности возможности немалые. Так, 4—5 лет назад прибыль одного только Котласского ЦБК была втрое больше всех затрат на лесное хозяйство Архангельской области. Однако у целлюлозно-бумажной промышленности нет ни материальной, ни моральной ответственности за ущерб природе. И сейчас в ходе перестройки не видно, чтобы промышленность спешно мобилизовала науку на решение этих задач, а наука не спешит сконцентрировать на них свои усилия.

Во всех лесотехнических вузах есть химические факультеты. Некоторые вузы в свое время были преобразованы из лесотехнических в технологические именно по линии расширения химических специальностей. Имеется ряд проблемных и отраслевых лабораторий. И весь этот научный потенциал довольно спокойно взирает на тот вред, который наносит целлюлозно-бумажное производство природе, населению, на многомиллионные потери ресурсов. Принятое в январе 1988 г. постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О коренной перестройке дела охраны природы в стране» обязывает резко повысить эффективность исследований, ускорить внедрение их результатов в производство.

Другой пример — проблема организационных форм управления лесной промышленностью и лесным хозяйством. Вопрос тоже не новый. Выступления по нему давно появляются в центральных газетах и журналах. В последнее время дискуссия развернулась на фоне опубликованных в «Известиях» (1987.— 8 дек.) статей Н. А. Медведова и А. С. Исаева. Широта этой дискуссии радует. С большой заинтересованностью пишут в газеты ученые, специалисты производства, рядовые рабочие. И в каждом выступлении есть что-то верное, ценное. Но нет главного, самого нужного — общей концепции управления лесным комплексом.

Большинство участников дискуссии поддерживает объединение лесного хозяйства с лесной промышленностью. Предложен даже ряд названий для высшего органа: Гослеспром, Гослес, Госкомлесхозлеспром... Относительно того, кому дать ведущую роль, голоса разделяются. Причем, характерный штрих: достаточно взглянуть на подпись под статьей, чтобы почти безошибочно угадать, за кого ратует автор. Уже сейчас начинают повторяться доводы, а продвижения к основной цели нет. Дискуссии

не хватает глубины, а главное — системности. Вспоминаются слова В. И. Ленина: «...кто берется за частные вопросы без предварительного решения общих, тот неминуемо будет на каждом шагу бессознательно для себя «натякаться» на эти общие вопросы» (Полн. собр. соч. — Т. 15. — С. 368).

В редакционной статье неуместно формулировать и развивать эти общие вопросы. Говоря кратко, они заключаются в определении соотношения целей и интересов лесного хозяйства и лесной промышленности в разных регионах с учетом состояния всех ресурсов — лесных, трудовых, финансовых (капиталовложений) и др. Соответственно и организационные формы управления в регионах должны быть разными. А высшему органу управления необходимо оставить только то, что является общим для всех.

Один из общих — вопрос о контроле за соблюдением правил рубок и других требований лесного хозяйства. Это самый жгучий вопрос. Он порожден нашей социалистической системой хозяйства и на него не найти ответа в практике капиталистических стран. Но ясно одно — этот вопрос надо решить в первую очередь, решить на государственном уровне. От его решения будет зависеть все остальное. Правы те участники дискуссии, которые настаивают на жесточайшем и вневедомственном контроле. А вот формы его — правовые, административные, экономические, их сочетание, пропорции далеко не ясны.

Так, совсем не бесспорно, что ныне, в условиях полного хозрасчета, все можно решить путем контроля рублем. Работники лесного хозяйства сетуют на то, что очень трудно точно определить ущерб от разного рода нарушений. А нужно ли это делать? Ведь суть не в том, чтобы взять с кого-то штраф, в точности равный или пропорциональный ущербу, а в том, чтобы предотвратить ущерб. Если же он нанесен, то контроль должен состоять в установлении лиц и сроков для его устранения, а наказание должно быть тем жестче, чем дольше будет полностью не устранен ущерб.

Лесная и прежде всего лесозащитная наука должна срочно включиться в разработку цельной системной концепции развития лесного комплекса и управления им.

В обоих рассмотренных примерах оправдана, по-видимому, такая постановка: надо отложить второстепенные вопросы и сосредоточить силы науки на главных. Эти главные направления должны быть сформулированы сверху. Управление наукой должно быть централизованным: выбрать небольшое число конкретных направлений, обязать (административными методами) вузы работать над ними, подкрепить (экономическими методами) заинтересованность в скором и качественном решении.

В условиях полного хозрасчета предприятий и объединений есть опасность, что они будут финансировать только те исследования, которые выгодны им, т. е. в основном прикладные, частные. Это их право. Но решение главных задач — общих следует финансировать помимо предприятий как государственный заказ науке.

Редакция «Лесного журнала» приглашает ученых лесных вузов высказать свои соображения о путях развития лесной науки, способах решения важнейших проблем лесного комплекса, его отраслей.

Пусть наша дискуссия будет в духе перестройки и обновления: меньше бесплодной взаимной критики (как в вопросе о продукции лесного хозяйства), больше конкретных научно обоснованных рекомендаций производству!

Перестройке остро нужен наш вклад — скорый, всесторонне научно взвешенный, высокоэффективный!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*811.4

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ГОДИЧНОГО СЛОЯ ЕЛИ

И. И. ГУСЕВ, В. М. ЖАРИКОВ

Архангельский лесотехнический институт, Северная ЛОС

Динамику формирования годичного слоя изучали на трех постоянных пробных площадях в еловых насаждениях Обозерского лесхоза Архангельской области в течение вегетационных периодов 1968, 1973, 1975, 1979 и 1983 гг. Особенность исследуемых насаждений — неравномерная густота стояния деревьев. Изменчивость числа деревьев на площадках размером 10 × 10 м составляет 40...50%. В результате создаются различные условия освещения и питания деревьев, что оказывает влияние на вариабельность деятельности камбия. Почвы на пробных площадях — слабоподзолистые, супесчаные, развивающиеся на легком суглинке, подстилаемом тяжелым моренным карбонатным суглинком. В составе елового древостоя имеется примесь сосны и березы (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пробных площадей

Но- мер про- бы	Местоположение Тип леса	Состав древос- тая	Тип возраст- ной структу- ры [1]	Средние для ели			Пол- нота	Запас на 1 га, м ³
				A, лет	D, см	H, м		
10	Повышенное с уклоном на С—З Ельник черничный	8Е1С1Б	О	160	23	22	0,89	350
11	Повышенное с уклоном на Ю—З Ельник черничный	8Е2Б	Р	150 (90)	21	19	0,72	230
12	Пониженное, ровное Ельник травяной	8Е2Б+С	О	150	24	24	0,70	320

Для выявления динамики формирования годичного слоя за вегетационный период использована методика И. С. Мелехова [3]. Периодически через 10 дн с конца мая по сентябрь специальной высечкой брали образцы древесины с подопытных деревьев: первый — на высоте 1,2 м с северной части дерева, последующие — по спирали, отступив 2 см вправо и 3...4 см вверх. При этом высечкой брали часть грубой корки, луб, камбиальный слой и 2-3 годичных слоя древесины прошлых лет. На всех срезах образцов подопытных деревьев, которые выполняли на микротоме, подсчитывали число рядов трахенд с 3-кратной повторностью. Далее брали первую (от годичного слоя прошлого года), пятую, десятую, пятнадцатую и т. д. трахенды и измеряли диаметр их полостей с 6-кратной повторностью.

Ход прироста годичного слоя подопытных деревьев был прослежен на всем протяжении вегетационного периода, начиная с момента пробуждения камбия и кончая временем прекращения его роста. У некоторых образцов измеряли ширину годичного слоя, сформировавшегося за вегетационный период, и подсчитывали в радиальном направлении число рядов трахенд с разделением на раннюю и позднюю зоны. Определяли число трахенд у трех смежных рядов, из которых вычисляли среднее значение. Микроскопические измерения выполнены на увеличенном под микроскопом изображении препарата с помощью окуляр-микрометра. Всего было сделано около 9 тыс. измерений у 145 срезов, взятых с 13 деревьев ели в 1973 г. на пробе № 10.

Величина древесного текущего прироста связана, прежде всего, с продолжительностью деятельности камбия в течение вегетационного

Таблица 2

Изменчивость продолжительности работы камбия за вегетационный период

Год исследования	Число подопытных деревьев	Средняя продолжительность работы камбия, дн	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент изменчивости, %	Начало пробуждения камбия	Окончание работы камбия
Пробная площадь № 10						
1968	6	80 ± 4	10,0	13	15.06—4.07	13.09
1973	10	36 ± 5	15,4	43	30.05—30.06	10.07—10.08
1975	21	47 ± 3	11,7	25	27.05—30.06	30.07—11.08
1979	6	59 ± 5	11,5	20	25.05—20.06	20.07—20.08
1983	6	55 ± 7	16,2	30	25.05—10.06	11.07—11.08
Пробная площадь № 11						
1975	33	73 ± 2	13,8	19	25.05—9.06	21.07—9.09
1983	6	70 ± 5	12,2	17	25.05—30.05	29.07—26.08
Пробная площадь № 12						
1975	15	74 ± 4	17,1	23	28.05—14.06	30.07—9.09

периода. Сроки деятельности камбия в условиях Севера зависят от типа леса [3, 4]. В одних и тех же лесорастительных условиях в зависимости от климатических факторов, условий внешней среды и возраста деревьев интенсивность и продолжительность работы камбия различна (табл. 2).

Наиболее раннее пробуждение камбия еловых деревьев отмечено 25 мая, а самое позднее 14 июля. Окончание работы камбия колеблется от 10 июля до 9 сентября. Средняя продолжительность работы камбия подопытных еловых деревьев в разные годы изменяется от 36 до 80 дн. Имеет место большое разнообразие сроков и интенсивности деятельности камбия. У некоторых деревьев образование трахеид проходило в течение 20 дн, камбий же других деревьев продолжал функционировать до 110 дн.

На деятельность камбия оказывает влияние возраст деревьев. При существенном различии возраста, одинаковой освещенности и площади питания более интенсивно работает камбий молодых деревьев. Например, в разновозрастном ельнике (пробная площадь № 11) в 1975 г. камбий 70—90-летних деревьев работал 77 ± 2 дн, а в 150—170-летних — 68 ± 2 дн. Различие достоверно, так как фактический критерий Стьюдента $t_{\phi} = 3,2$ больше стандартного $t_{0,05} = 2,1$.

По материалам исследований установлена зависимость между продолжительностью работы камбия и коэффициентом изменчивости

$$C = \frac{1642}{P} - 4,6; \quad m_C = 4,2,$$

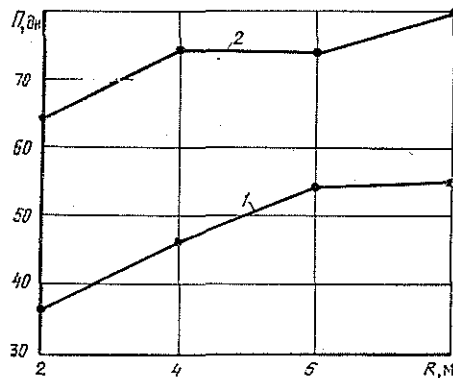
где C — коэффициент изменчивости продолжительности работы камбия, %;

m_C — основная ошибка уравнения;

P — продолжительность работы камбия, дн.

Чем больше продолжительность работы камбия, тем меньше коэффициент изменчивости. Среднее квадратичное отклонение не зависит от продолжительности работы камбия и находится практически на одном уровне в разные годы исследования. Это означает, что отклонение от средней продолжительности деятельности камбия в спелых ельниках одинаково в разные календарные годы.

Зависимость продолжительности работы камбия P , дн от среднего расстояния до ближайших деревьев R : 1 — одновозрастный ельник черничный; 2 — разновозрастный ельник черничный



На период деятельности камбия влияет освещенность дерева и площадь его питания. У хорошо освещенных, свободно растущих деревьев развиваются широкие годичные слои. Для изучения влияния площади питания на продолжительность деятельности камбия определили среднюю удаленность наблюдаемых деревьев от ближайших соседей (деревьев). Затем, в результате дисперсионного анализа однофакторного комплекса [2] установили показатель силы влияния и его достоверность. В одновозрастных ельниках (пробная площадь № 10) показатель силы влияния площади питания на продолжительность работы камбия равен $\eta^2 \pm m_\eta = 0,46 \pm 0,10$. Фактический критерий Фишера $F_\phi = 4,6$ больше стандартного на 5 %-м уровне значимости $F_{0,05} = 3,2$, что говорит о достоверности установленной закономерности. Среди факторов, определяющих продолжительность деятельности камбия, 46 % приходится на действие площади питания. В разновозрастных ельниках (пробная площадь № 11) данная закономерность проявляется слабее. Здесь $\eta^2 \pm m_\eta = 0,20 \pm 0,08$, а $F_\phi = 2,5$, $F_{0,05} = 2,9$, т. е. показатель силы влияния недостоверен, так как $F_\phi < F_{0,05}$. Увеличение влияния на деятельность камбия подопытных деревьев проявляется при среднем расстоянии от соседних деревьев до 4...6 м (см. рисунок). В спелых ельниках оптимально расстояние до соседних деревьев 6...8 м, при котором создаются благоприятные условия для поступления ФАР и деятельности камбия.

В разновозрастном ельнике черничном камбий работает на 20...30 дн дольше, чем в одновозрастном древостое. Вследствие ступенчатости полога в разновозрастный древостой поступает дополнительный приток солнечной энергии. Это улучшает деятельность камбия, увеличивает прирост нижней части ствола, тем самым способствуя формированию сбежистых стволов [1].

Наиболее активная деятельность камбия большинства деревьев отмечена в первой половине июля, когда нарастает основная масса трахеид. В конце июля деятельность камбия заметно снижается, а в августе или начале сентября прекращается у всех деревьев. В 1968 г. наибольшая активность камбия наблюдалась в конце июля и начале августа, а отложение трахеид продолжалось до середины сентября. В 1973 г. наблюдалось значительное снижение периода деятельности камбия, что связано с засухой 1972 г. Вторая половина 1972 г. была неблагоприятной для роста и накопления запасных питательных веществ, необходимых для деятельности камбия в следующем сезоне. 1973 г. был также неблагоприятным для роста деревьев. Так, в июне выпало осадков только 28,1 мм, а в июле — 3,8 мм. В 1975, 1979 и 1983 гг. камбий

подопытных деревьев начал функционировать в конце мая — начале июня, достигнув апогея в июле.

На интенсивность работы камбия некоторое влияние оказывает плодоношение дерева. При хорошем плодоношении часть накопленных деревом питательных веществ расходуется на образование семян, в результате сокращаются сроки деятельности камбия и у дерева формируется узкое годичное кольцо. Поэтому камбий хорошо плодоносящих деревьев работал менее интенсивно и не более одного месяца.

Текущий прирост древесины тесно связан с температурой и влажностью. Хороший рост деревьев наблюдается при оптимальных значениях температуры и влажности. А. А. Молчанов [5] подметил, что небольшое отклонение температуры и осадков от нормы существенного влияния на увеличение числа рядов трахеид не оказывает. Резкое же изменение одного из климатических факторов оказывает прямое воздействие на ход формирования годичного слоя. При высоких температурах усиливается дыхание, а фотосинтез уменьшается, что вызывает сокращение притока питательных веществ, необходимых для образования новых тканей. Нарушение соотношения фотосинтеза и дыхания вызывает замедление роста деревьев. Влияние влажности и температуры на деятельность камбия сказывается не сразу, а через определенный промежуток времени. Отсутствие осадков в конце июня и июле 1973 г. привело к резкому уменьшению числа рядов трахеид у всех подопытных деревьев, хотя сумма температур в этот период изменилась незначительно. У большинства деревьев после этого засушливого периода отложение рядов трахеид прекратилось. Положительные температуры существенно влияют на начало деятельности камбия. По наблюдениям 1975 г., во всех исследуемых насаждениях установлена от значительной до высокой корреляция между суммой эффективных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ и началом деятельности камбия ($r = 0,58 \dots 0,95$).

Число рядов трахеид в годичном слое зависит от продолжительности деятельности камбия. Дисперсионный анализ показал, что из всех факторов, влияющих на число рядов трахеид, продолжительность работы камбия составляет 33 % ($\eta^2 = 0,33 \pm 0,03$). Более длительная деятельность камбия способствует увеличению числа рядов трахеид (табл. 3).

Таблица 3

Число рядов трахеид в годичном слое ели на пробной площади № 10

Продолжительность работы камбия, дни	Число деревьев	Среднее число рядов трахеид	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент изменчивости, %
20	6	$10,1 \pm 1,4$	3,4	33
40	16	$15,0 \pm 1,8$	7,0	47
60	45	$29,9 \pm 1,9$	13,0	43
80	26	$35,9 \pm 0,9$	4,6	13
100	7	$30,9 \pm 3,6$	9,8	32

Однако сроки деятельности камбия и число рядов трахеид не характеризуют качества древесного прироста. Существенное значение для качества древесины имеет изменение диаметра трахеид в течение вегетационного периода и формирование ранней и поздней части годичного слоя. Измерения показали, что диаметры трахеид в пределах одного ряда несколько различаются. Поэтому из шести измерений вычислены средние значения диаметров трахеид годичного слоя 1973 г. (табл. 4).

Таблица 4

Диаметр трахеид, мкм, подопытных деревьев ели на пробной площади № 10

Но- мер дере- ва	Процент поздней древесины	Порядковый номер ряда трахеид						
		1	5	10	15	20	25	30
5	49	28,3	26,1	24,6	22,1	18,8	16,1	14,7
4	40	28,5	26,3	23,2	16,1	13,2	11,4	—
133	39	29,9	26,7	24,1	16,2	—	—	—
16	27	29,0	26,8	21,7	15,4	—	—	—
64	19	30,4	28,0	25,3	16,8	—	—	—
6	36	29,6	27,0	14,1	—	—	—	—
108	39	28,7	26,6	16,5	—	—	—	—
141	27	29,2	25,4	14,6	—	—	—	—
117	25	26,9	16,1	—	—	—	—	—
11	42	25,7	15,8	—	—	—	—	—

Данные табл. 4 показывают, что диаметры трахеид уменьшаются к концу вегетационного периода. Ранние трахеиды имеют больший диаметр, чем поздние. В ранней зоне годичного кольца он уменьшается постепенно. Граница между ранней и поздней древесиной не всегда четко выражена. Диаметр трахеид зависит от ширины годичного кольца. Деревья с годичными слоями более 400 мкм формируют позднюю трахеиду с 15-го ряда. У деревьев с более узкими годичными слоями к поздним толстостенным относятся трахеиды 5-го или 10-го ряда.

Дифференциация на раннюю и позднюю древесину становится заметной уже в начале июля. Она усиливается по мере приближения осени. Более раннее образование трахеид поздней древесины ели в 1973 г. связано с засухой. В июне — июле этого года выпало 32 мм осадков — в 5 раз меньше нормы. С деятельностью камбия связано не только количество нарастаемой древесины, но и ее качество. У деревьев с более продолжительной работой камбия увеличивается содержание толстостенных поздних трахеид и формируется древесина более высокого качества. Там, где годичные слои не успевают полностью сформироваться из-за слабой работы камбия в летний период, поздняя часть в них выражена слабо и представлена тонкостенными трахеидами. Такая древесина менее качественна. Зависимость между продолжительностью работы камбия и процентом поздней древесины у деревьев значительная, $r = 0,52$.

Таким образом, в пределах одного насаждения сроки деятельности камбия и динамика формирования радиального прироста за вегетационный период характеризуется значительной изменчивостью и зависит от климатических условий, индивидуальных особенностей роста деревьев и факторов внешней среды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.—Л.: ЛГУ, 1978.— 232 с.
 [2]. Гусев И. И. Дисперсионный анализ: Метод. указ. к выполнению практических работ по вариационной статистике.— Архангельск: АЛТИ, 1986.— 32 с. [3]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1948.— 126 с.
 [4]. Мелехова Т. А. О формировании годичного слоя ели // Тр. / АЛТИ.— 1949.— Т. 13.— С. 179—192. [5]. Молчанов А. А. Изменение ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев.— М.: Наука, 1970.— С. 7—49.

Поступила 29 декабря 1986 г.

УДК 630*243.8:631.811.98

**РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ —
ГАЛОИДНЫЕ СОЛИ ГИДРАЗИННА***В. А. АЛЕКСЕЕВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Химические регуляторы роста и другие пестициды широко используются в сельском хозяйстве [5]. Возможность регулирования роста древесных растений без летального нарушения их жизнедеятельности с помощью специальных химических веществ в недалеком будущем найдет непосредственное практическое применение и в лесном хозяйстве. Поиски новых эффективных соединений значительно расширяют эту возможность.

В качестве новых регуляторов роста сельскохозяйственных и древесных растений предложены галоидные соли гидразиния: хлорид N, N-диметил-N-(2-хлорэтил) гидразиния, или квартазин, и хлорид N, N-диметил-N-(аллилацетамид) гидразиния. Это малотоксичные соединения, имеющие ЛД₅₀ около 3 140 мг/кг [1—3]. Оба регулятора испытаны на сельскохозяйственных растениях и оказали стимулирующее влияние на урожай томатов и картофеля [1, 2]. Их действие на древесные растения изучено мало. Наши исследования начаты с лабораторных опытов по проращиванию семян сосны и ели, намоченных в водных растворах указанных веществ. Цель исследований — выявить возможное отрицательное влияние высоких доз регуляторов роста на прорастание свежесобранных семян, что может иметь место при опрыскивании крон деревьев весной и попадании растворов на почву.

В опытах 1980 г. исследован квартазин. Опыты поставлены в пяти вариантах с тремя повторностями по 100 семян в каждой (всего взято 1 500 семян). Семена намачивали в водном растворе при температуре +18...20 °С в течение 0,5 ч. В опытах 1981 г. исследован аллилацетамид гидразиния. Опыты проводили в двух вариантах с двумя повторностями. Семена намачивали в течение 1 сут. В обоих случаях семена проращивали в аппаратах В. Д. Огневского в отдельных сосудах при естественном освещении и температуре +20...24 °С. В табл. 1 и 2 представлены результаты исследований.

Как следует из данных опытов (табл. 1), 2-хлорэтил гидразиния стимулировал энергию прорастания семян сосны за 7 сут на 3...19 %, а ели — на 7...15 %. Исключение составляют семена ели, обработанные раствором препарата концентрацией 1 %, при которой энергия прорастания уменьшилась на 6 %. Всхожесть семян на 15- и 21-е сут по сравнению с контролем не увеличилась. С повышением концентрации раствора заметно понизилось количество проростков ели с полностью раскрытыми семядолями (с 33,7 % при концентрации 0,1 % до 13,0 % при концентрации 2 %). У сосны такой определенности нет.

Отмечено пожелтение проростков ели из семян, обработанных 2 %-м раствором препарата.

При обработке семян аллилацетамидом гидразиния (табл. 2) заметно увеличилась (на 3...13 %) всхожесть семян ели, сократилось количество загнивших, особенно при концентрации 2 % (в 6 раз). На семена сосны этот препарат действовал менее благоприятно: хотя всхожесть их по сравнению с контролем мало изменилась, а загнивших стало меньше (на 4...10 %), но возросло количество непроросших семян (на 6...9 %). В 1983 г. проверено действие этого препарата

Таблица 1

Прорастание семян сосны и ели, обработанных раствором квартазина

Концентрация раствора, % по д. в.	Прорастание семян, % (среднее из трех повторностей)				
	7-е сутки	15-е сутки	21-е сутки	В том числе	
				наклюнувшихся*	с раскрытыми семядолями
Ель					
0,1	50,0	80,7	92,7	3,3	33,7
0,25	56,5	82,0	86,3	4,0	15,3
0,5	48,3	77,0	85,7	2,0	32,0
1	35,3	68,7	77,0	1,3	24,7
2	52,7	82,7	91,3	2,0	13,0
Контроль	41,0	79,7	88,7	2,0	56,0
Сосна					
0,1	45,0	83,3	91,0	3,0	18,7
0,25	50,0	81,3	85,3	8,3	13,0
0,5	44,0	74,7	87,0	11,7	17,3
1	60,3	80,0	91,0	5,0	17,3
2	59,7	80,3	89,0	8,3	22,0
Контроль	41,0	83,3	89,0	3,7	23,0

* К наклюнувшимся отнесены семена с длиной корешков менее длины семени.

Таблица 2

Состояние семян сосны и ели, обработанных раствором аллилацетамида гидразиния, на 21-е сутки

Концентрация раствора, % по д. в.	Проросшие	Непроросшие	Наклюнувшиеся	Загнившие
Ель				
1	77,0	1,0	12,0	10,0
2	87,0	8,0	3,0	2,0
Контроль	74,0	6,0	8,0	12,0
Сосна				
1	73,0	6,0	9,0	12,0
2	80,0	9,0	5,0	6,0
Контроль	80,0	—	4,0	16,0

на семена сосны при намачивании в растворе 2 %-й концентрации в течение суток. Опыты поставлены с 5-кратной повторностью. Аллилацетамид гидразиния стимулировал энергию прорастания семян сосны за 7 суток на 7 %, всхожесть семян на 15-е сутки увеличилась на 8 %, а на 21-е сутки была на 6 % ниже, чем в контроле. Количество проростков с раскрытыми семядолями превышало данные контроля на 2,4 %.

Помимо указанных соединений, изучали действие на семена еще одной галонидной соли гидразиния — хлорида N, N-диметил-N-(ацетгидразид) гидразиния. Семена намачивали в пяти повторностях по 100 шт. в течение 1 ч в водных растворах концентрацией 1 и 2 %. Препарат весьма заметно уменьшил энергию прорастания семян ели (до 6,2... 9,0 % против 19,2 % в контроле), менее значительно — сосны (до 14,4... 14,8 % по сравнению с 22,6 % в контроле). Различия во всхожести семян на 15- и 21-е сутки небольшие, вызваны действием случай-

Таблица 3
Динамика разностей приростов в высоту деревьев на опытных площадках и в контроле

Номер опытной площадки Доза, кг/га	Порода	Высота в 1979 г. по учету 1980 г.	Числ. до обменных деревьев в 1986 г.	Разность средних приростов в высоту по учету 1986 г., см, по годам						Высота деревьев осенью 1986 г., см		
				1979 (год опыта)	1980 (год опыта)	1981 (год опыта)	1982	1983	1984		1985	1986
3 5,0	С	$\frac{104,1}{128,1}$	$\frac{16}{9}$	-6,0	-11,7	-1,4	+4,2	+7,8	+1,1	+12	+8,2	$\frac{452 \pm 12,0}{446 \pm 26,9}$
	Б	$\frac{200,4}{227,5}$	$\frac{25}{40}$	+10,9	-19,3	-7,0	-2,6	+3,5	-	-	-	$\frac{470 \pm 11,7}{541 \pm 9,51}$
	Ос	$\frac{156,5}{159,4}$	$\frac{19}{33}$	+8,6	-6,6	-3,0	-14,0	+13,6	-	-	-	$\frac{527 \pm 16,3}{569 \pm 11,5}$
	Б	$\frac{267,6}{227,5}$	$\frac{40}{40}$	+5,0	-14,1	-6,5	-10,7	-4,8	-	-	-	$\frac{509 \pm 13,2}{541 \pm 9,5}$
	Ос	$\frac{208,3}{159,4}$	$\frac{21}{33}$	+11,3	-10,8	-3,3	-17,4	-9,2	-	-	-	$\frac{526 \pm 15,5}{569 \pm 11,5}$

Примечание. В числителе—данные для деревьев на опытных площадках; в знаменателе—на контрольных. Знак плюс — прирост больше, чем в контроле; знак минус — меньше. Проверки означают отсутствие обмена приростов. Высота сосны на площадке 3 в 1979 г. приведена по учету 1986 г. На опытной площадке 4 сосны нет.

ных факторов. Обработка данных методом дисперсионного анализа по схеме однофакторного равномерного пропорционального комплекса подтверждает этот вывод: степень влияния организованных факторов на семена ели оказалась наибольшей на 7-е сутки и составила 0,36 (36 %), неорганизованных 0,64 (64 %). Показатель достоверности влияния равен 3,44 при табличном значении $F_{0,05} = 3,88$ и $F_{0,01} = 6,93$. На 15- и 21-е сутки степень влияния препарата была незначительной и недостоверной. Количество проростков с раскрытыми семядолями в опыте, особенно при концентрации 1 % (для ели—41,2 %, сосны—40 %) было значительно выше, чем в контроле (соответственно 34,2 и 28,4 %). При концентрации раствора 2 % этот показатель (для ели—35,8, сосны—35,4 %) по своему значению приближался к контролю. В целом препарат оказал большее влияние на семена ели, чем сосны.

Характер действия препаратов на растущие молодые деревья в смешанных и чистых молодняках изучали в 1980—1981 и 1983—1984 гг. Серия опытов с квартацином

и другими регуляторами была заложена в 1980 г. в 6—7-летнем молодняке, неоднородном по составу: 6Б4С + Ос, ед. Е, Ол. с, полнотой 0,5... 0,7, III класса бонитета, образовавшемся на бывшей пашне от налета семян со стены спелого леса. Почва средне-суглинистая, местами с застойным увлажнением. Опытные работы осуществлены на пробных площадках размером 0,01 га, расположенных в шахматном порядке, с оставлением между ними контрольных квадратов аналогичной площади [4].

Опрыскивание молодняка водными растворами квартазина выполнено 24 мая 1980 г. в момент распускания листьев березы. Другие породы находились в состоянии покоя. Испытывали дозы 1,25; 2,5; 5 и 10 кг/га. Расход раствора при ручном опрыскивании составил 500 л/га. Параллельно была проведена обработка площадок в молодняке порослевого происхождения состава 8Ос2Б, ед. С, Е, высотой 1,5... 2,5 м, на заболоченной тяжелосуглинистой почве препаратами аллилацетамид-, ацетгидразид гидразиния, а также квартазином.

Учет результатов опытов осенью 1980 г. [3] показал неэффективность низких доз (1,25... 2,5 кг/га), поэтому в следующем году опытные работы были продолжены с более высокими дозами. Кроме того, на первом участке, обработанном в 1980 г. в прохладную дождливую погоду, на опытной площадке 3 опрыскивание проведено вновь в той же дозе (5 кг/га) 28 мая 1981 г. и еще раз 6 июня. На опытной площадке 4 опрыскивание повторено один раз 28 мая 1981 г. в дозе 10 кг/га (как и в 1980 г.). В табл. 3 представлены результаты обмера высот и приростов верхушечных побегов у доминирующих деревьев березы, всех наличных деревьев осины и сосны в 1986 г.

Из данных табл. 3 следует, что темпы роста сосны в высоту на опытной площадке 3 до проведения опыта были на 6 см ниже, чем в контроле (разница в высотах составляла 24 см). После обработок рост сосны в высоту усилился и превышал ежегодно значения прироста в контроле за весь период наблюдений 1982—1986 гг. на 4... 12 см. Замедление темпов роста в высоту деревьев березы и осины в течение 2... 4 лет после опрыскиваний вызвало отставание их в росте на 0,4... 0,7 м по сравнению с контролем. Сосна на опытной площадке 3 приблизилась по высоте к самым крупным деревьям березы и осины. Разница в высотах между ними в 1986 г. составила всего 0,2... 0,7 м, тогда как до опыта она достигала 0,5... 1,6 м.

На втором участке, в порослевом осиннике состава 8Ос2Б, ед. С, Е, опрыскивание крон было проведено 7 июня 1980 г. при полном распускании листьев березы, имевших размеры 3/4 нормальных, и набухших почках ели и осины. Почки сосны вытянулись до 3... 4 см. Результаты обработки оказались следующими: аллилацетамид гидразиния в дозе 3 кг/га затормозил прирост березы в высоту на 24 %, ацетгидразид в дозе 2 кг/га — на 29 %, квартазин (10 кг/га) — на 34 %. Уменьшение прироста доминирующих деревьев осины составило, соответственно, 22, 12 и 19 %.

На первом участке опыты были вновь продолжены в 1981 г. путем обработки 29 мая новых площадок более высокими дозами квартазина (15 кг/га), аллилацетамида (двукратное опрыскивание по 5 кг/га с интервалом в неделю) и для сравнения — однократным опрыскиванием раствором кристаллического хлорхололинхлорида (XXX_к) в дозе 10 кг/га и двукратным по 5 кг/га с интервалом в неделю. В момент опрыскивания все листовые породы имели полное облиствение, прирост березы составлял 3... 5 см, сосны — 8... 10 см.

Все применявшиеся препараты подтвердили свои ретардантные свойства, уменьшив прирост березы, соответственно, на 38, 34, 22 и 0,5 %, осины — на 33, 28, 9 и 25 %. Квартазин также замедлил рост деревьев сосны в высоту на 12 %, а XXX_к, наоборот, стимулировал его на 2... 29 %.

В более поздний срок (6 июня) была проведена обработка деревьев аллилацетамидом гидразиния еще на двух участках формирующихся смешанных молодняков, очень близких по своей характеристике

предыдущему. В дозе 5 кг/га препарат уменьшил прирост березы в высоту на 48 %, ивы — на 52 % (примесь осины здесь единична). В дозе 10 кг/га снижение прироста березы составило 13 %, осины — 27 %. Прирост сосны в обоих случаях сохранял тенденцию к увеличению.

Все приведенные данные позволяют утверждать, что испытанные галоидные соли гидразиния являются активными регуляторами роста древесных растений. Среди них наиболее эффективны квартазин и аллилацетамид гидразиния, в дозах 5...10 кг/га замедляющие рост осины и березы в течение 2...3 лет на 30...50 %. Препараты оказывают стимулирующее влияние на рост сосны и положительно сказываются на прорастании семян сосны и ели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 670291 СССР, МКИ² А 01 N 5/00. Способ стимулирования роста растений / С. Я. Ледовский, Л. М. Шульгина, К. С. Посланникова (СССР).— № 2527294/30-15; Заявлено 21.09.77 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 24.— С. 11.
[2]. А. с. 715079 СССР, МКИ² А 01 N 5/00. Способ стимулирования клубнеобразования картофеля / В. П. Деева, Л. Н. Мельникова, Э. И. Степанова, К. С. Посланникова (СССР).— № 2620886/30-15; Заявлено 30.05.78 // Открытия. Изобретения.— 1980.— № 6.— С. 11. [3]. А. с. 1045876 СССР, МКИ² А 01 N 33/26. Способ регулирования роста мелколиственных пород в молодняках / В. А. Алексеев, К. С. Посланникова (СССР).— № 3453342/30-15; Заявлено 16.06.82 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 37.— С. 16. [4]. Алексеев В. А. Действие ретарданта ДМХ на прирост деревьев в смешанных молодняках // Лесн. журн.— 1981.— № 6.— С. 112—113.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Кефел и В. И. Вопросы химической регуляции жизнедеятельности растений на отечественных и международных форумах // Агрехимия.— 1977.— № 12.— С. 119—132.

Поступила 16 января 1987 г.

УДК 630*165.6

О ДВУХ ФОРМАХ ГЛЕДИЧИИ ОБЫКНОВЕННОЙ

В. К. БАЛАБУШКА

Центральный республиканский ботанический сад АН УССР

Известны две формы гледичии обыкновенной: колючковая и бесколючковая. Колючковая форма гледичии обыкновенной препятствует работе по уходу за посадками, валке, раскряжевке, трелевке, повреждает своими колючками листовые породы, травмирует людей. В связи с этим желательнее разводить бесколючковую форму гледичии, за исключением случая создания живых изгородей.

Цель и задача наших исследований — изучить периодичность плодоношения двух форм гледичии обыкновенной в условиях Полесья Украинны в различных по составу насаждениях, выявить и отобрать в них плюсовые деревья бесколючковой формы для дальнейших исследований.

Работа была выполнена под руководством Б. М. Махмета.

В насаждениях исследуемых участков (1966—1968 гг.) была учтена урожайность колючковой и бесколючковой форм гледичии способом глазомерной оценки по шкале В. Г. Каппера (табл. 1).

Анализируя данные таблицы, видим, что обе формы гледичии плодоносят ежегодно, что очень важно для селекционных и других работ. Плодоношение на разных участках и в разных по составу насаждениях не зависит от размещения деревьев (равномерное, неравномерное или группами). Это связано, по-видимому, с климатическими условиями и с тем, что гледичия является двудомным растением и насекомоопыляемым видом.

Таблица 1

Но- мер уча- стка	Состав насаждения	Форма гледичии	Плодоносящие деревья гледичии, шт./%		Сред- ний балл урожа по шка- ле В. Г. Каппера	Неплодоносящие деревья гледичии, шт./%		Всего деревьев гледичии, шт./%		Размещение гледичии в насажде- нии
			1966 г.	1967 г.		1966 г.	1967 г.	1966 г.	1967 г.	
1	ИрД рГлед, ед. Б, Гр	Бесколючковая	3	5	4	7	5	10	10	Неравно- мерное
			$\frac{30,0}{25,0}$	$\frac{50,0}{75,0}$		$\frac{60,0}{62,5}$	$\frac{70,0}{75,0}$	$\frac{50,0}{25,0}$	$\frac{100}{100}$	
2	ИрД рГлед, ед. Б, Гр	Колочковая	2	6	3	6	2	8	8	Равно- мерное
			$\frac{25,0}{33,3}$	$\frac{75,0}{50,0}$		$\frac{62,5}{66,7}$	$\frac{75,0}{66,7}$	$\frac{25,0}{50,0}$	$\frac{100}{100}$	
3	ИрД рАк. желт	Бесколючковая	4	10	3	8	6	12	12	Группами
			$\frac{19,0}{18}$	$\frac{47,6}{30}$		$\frac{57,2}{41}$	$\frac{81,0}{31}$	$\frac{52,4}{19}$	$\frac{100}{100}$	
4	ИрД рАк. желт., ед. Гр, Глед	Колочковая	13	42	4	50	21	63	63	»
			$\frac{20,5}{37,5}$	$\frac{66,8}{75,0}$		$\frac{51,1}{87,5}$	$\frac{79,5}{62,5}$	$\frac{33,2}{25,0}$	$\frac{100}{100}$	
		Колочковая	2	8	3	15	9	17	17	
			$\frac{11,7}{47,0}$	$\frac{64,7}{64,7}$		$\frac{88,3}{53,0}$	$\frac{35,3}{35,3}$			

В 1966 г. нами в квартале 7 Голосеевской дачи, Хотовского лесничества Боярско-го учебно-опытного лесхоза, по методике С. С. Пятницкого (1961) было отобрано 10 плюсовых деревьев гледичии обыкновенной формы бесколючковой. Характеристика их приведена в табл. 2.

Измерения и фенологические наблюдения за плюсовыми деревьями гледичии обыкновенной формы бесколючковой в течение трех лет (табл. 2) показали, что прирост плюсовых деревьев по диаметрам и высотам с годами увеличивался. Очищение стволов плюсовых деревьев от сучьев незначительное. В пределах одной особи не наблюдалось

Таблица 2

Но- мер плю- сового де- рева	Год ис- сле- дова- ний	Воз- раст, лет	Вы- со- та, м	Ди- аметр, см	Высота крепле- ния пер- вого жи- вого сука, м	Ши- рина кро- ны, м	Вы- сота пря- мого ство- ла, м	Примечание
1	1966	23	13,2	16,0	3,6	5,0	2,6	Растет в группе деревьев возле проезжей дороги
	1967	24	13,6	16,8	4,0	5,0	2,6	
	1968	25	14,0	18,0	4,0	5,0	2,6	
2	1966	23	14,6	28,0	5,0	7,6	5,5	То же
	1967	24	14,8	28,5	6,0	7,8	5,5	
	1968	25	15,6	29,0	6,0	7,8	5,5	
3	1966	35	12,7	16,0	6,3	4,0	8,0	
	1967	36	13,2	16,5	6,3	4,0	8,0	
	1968	37	13,8	16,9	6,5	4,0	8,0	
4	1966	35	13,7	24,0	2,0	6,0	6,0	
	1967	36	14,0	24,5	2,5	6,0	6,0	
	1968	37	14,4	24,8	3,0	6,0	6,0	
5	1966	35	15,0	16,0	8,0	4,5	11,0	
	1967	36	15,8	16,5	8,5	5,0	11,0	
	1968	37	16,5	17,0	8,5	5,0	11,0	
6	1966	23	13,4	16,0	2,8	4,9	2,3	Произрастает недалеко от жилого здания
	1967	24	13,8	16,5	3,5	5,0	2,3	
	1968	25	14,5	17,0	3,5	5,0	2,3	
7	1966	23	15,8	12,0	3,0	3,5	2,0	
	1967	24	16,0	12,5	3,0	3,5	2,0	
	1968	25	16,5	13,0	3,5	3,5	2,0	
8	1966	35	19,8	28,0	3,5	5,5	4,0	
	1967	36	20,5	29,5	4,5	5,5	4,0	
	1968	37	21,0	30,0	4,5	5,5	4,0	
9	1966	35	17,7	28,0	7,0	5,4	3,4	Балл плодоношения дерева ежегодно — 5
	1967	36	18,0	28,5	7,5	5,4	3,4	
	1968	37	18,5	30,0	7,5	5,4	3,4	
10	1966	35	14,8	28,0	6,5	4,8	6,5	Балл плодоношения — 5
	1967	36	15,0	28,5	6,5	4,8	6,5	
	1968	37	15,5	29,0	6,5	4,8	6,5	

Таблица 3

Номер плюсо- вого дерева	Возраст плюсо- вого дерева, лет	Масса семян, г	
		1966 г.	1967 г.
1	23	194,200	199,286
2	23	215,600	220,000
3	35	189,000	—
4	35	188,900	193,250
5	35	185,200	—
6	23	165,120	—
7	23	220,000	224,000
8	35	218,000	221,000
9	35	200,840	—
10	35	213,800	217,260

изменения ширины кроны. Форма кроны ажурная. Окраска листьев весной светло-зеленая, осенью желто-бурая. Гледичия является светолюбивой породой.

С плюсовых деревьев гледичи обыкновенной формы бесколочковой в ноябре—декабре 1966—1977 гг. были собраны семена (500 шт. от каждой особи отдельно). Семена из бобов извлекали вручную. После месячного просыхания при температуре 18...20 °С семена взвешивали на аналитических весах (табл. 3).

Результаты табл. 3 показывают, что масса семян гледичии обыкновенной формы бесколючковой значительно варьирует с возрастом деревьев. Наименьшая масса семян, собранных с плюсового дерева № 6, — 165, 120 г, наибольшая — с плюсового дерева № 7 — 220 и 224 г. Семена с плюсовых деревьев гледичии обыкновенной формы бесколючковой были высеяны на опытном участке. Данные этих опытов приведены в нашей статье [2].

Для размножения лучших по производительности особей бесколючковой формы гледичии и получения из них высококачественных семян прививки были сделаны в первой декаде мая черенками, заготовленными 30 апреля. Черенки прививали за кору на низкий штаб 7—8-летних деревьев. Всего было сделано 14 прививок, из них прижилось 13. Высокая приживаемость указывает на то, что в производственных условиях можно создавать семенные участки методом прививки.

Для изучения возможности опыления бесколючковой формы гледичии были изолированы 6 соцветий на плюсовом дереве № 6. Опыление проводили на всех соцветиях, однако семена образовались только в одном бобу в количестве 14 шт. Пыльца у гледичии, как у типичного насекомоопыляемого растения, клейкая и плохо высыпается из пыльников, ее трудно собирать, а искусственная выгонка не дает желаемых результатов. Тем не менее представляется возможность проводить скрещивание желаемых пар, в первую очередь, для испытания их потомства.

Разведение гледичии обыкновенной затруднений не вызывает [1, 3]. При этом необходимо проводить отбор на бесколючковость у сеянцев. Сбор семян с бесколючковых особей обеспечивает наследование этого признака у большинства сеянцев [2]. Однако в настоящее время достоверно нельзя сказать, гомозиготны или гетерозиготны колючковая и бесколючковая формы. Если бесколючковая форма является гетерозиготной, а признак колючковости рецессивным, то даже при опылении пыльцой бесколючковой формы в потомстве будут возникать сеянцы с колючками, вследствие расщепления потомства гетерозиготной особи и проявления этого рецессивного признака. В связи с этим необходимо проверить расщепление потомства, полученного от опыления бесколючковой формой, и проследить, каким будет потомство у растений, выращенных из бесколючковых форм при скрещивании с родительскими особями и свободном переопылении.

Для получения семян бесколючковой формы, которые дадут максимальное число бесколючковых сеянцев, следует из насаждений убрать функционально мужские особи колючей формы. Целесообразно заложить специальные семенные участки из сеянцев бесколючковой формы от лучших по производительности особей с пространственной изоляцией от колючей формы. Для более быстрого создания семенной базы бесколючковой формы необходимо в изолированных участках молодых культур привить бесколючковую форму. Количество функционально женских особей должно составлять до 75 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Грисюк Н. М. Применение гледичии в полевом лесоразведении на Украине: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук.— Киев, 1962.— 24 с. [2]. Махмет Б. М., Балабушка В. К. Селекция бесколючковой формы гледичии // Наук. праці / УСГА. — 1971.— Вип. 31.— С. 18—24. [3]. Муратгелдыев Н. Биология и экология гледичии в Туркменистане: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук.— Ашхабад, 1963.— 22 с. [4]. Пятницкий С. С. Практикум по лесной селекции.— М.: Колос, 1961.— 271 с.

Поступила 9 июля 1985 г.

УДК 630*165.3:630*174.754

ИЗМЕНЧИВОСТЬ, НАСЛЕДУЕМОСТЬ И КОРРЕЛЯЦИИ ПОЛИГЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В КЛОНОВОЙ ПОПУЛЯЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

С. А. ПЕТРОВ, А. И. СИВОЛАПОВ

ЦНИИЛГиС, Воронежский лесотехнический институт

Генетический анализ популяций видов лесных древесных растений по количественным признакам — необходимая предпосылка в обосновании направления и методов селекции на продуктивность, в конечном счете обеспечивающих повышение эффективности селекционных программ.

В селекционной практике результаты генетического анализа могут быть использованы лишь в применении к конкретным популяциям, подвергающимся селекционной обработке. В настоящем сообщении приводятся результаты изучения изменчивости, наследуемости и корреляций двух полигенных признаков — размеров линейных приростов осевых и соответствующих им боковых побегов в клоновой популяции сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.).

Объектом исследований служила клоновая популяция, заложена в 1976 г. под руководством Ю. П. Ефимова на территории Семилукского опытно-показательного питомника ЦНИИЛГиС (Воронежская область). В состав популяции входят 12 клонов сосны, представленных 362 деревьями. Деревья на опытном участке размещены в условиях свободного стояния (5 × 5 м), т. е. в отсутствии конкуренции. Для целей исследований были отобраны 143 дерева из 9 клонов. Основной принцип отбора — отсутствие повреждений и замещений осевых и боковых приростов. Способ прививки — вприклад сердцевинной на камбий. В качестве подвоев использованы двухлетние сеянцы сосны, выращенные из семян массового сбора местного происхождения (Усманский бор). Привойный материал — зимние черенки плюсовых деревьев, отобранных в этом же бору.

Методика исследований. В метамерах каждого из деревьев, входящих в состав клонов, измеряли линейные приросты осевых и соответствующих им наиболее развитых боковых побегов за 1978—1982 гг. Изменчивость признаков характеризовалась фенотипическим C_{ph} , генотипическим C_g и паратипическим C_e коэффициентами вариации.

Уровни изменчивости оценивали по шкале С. А. Мамаева [3], наследуемость в широком смысле — по отношению $H^2 = \frac{C_g^2}{C_{ph}^2}$. Фенотипическую корреляцию между

признаками определяли для всего набора отобранных для изучения деревьев, входящих в состав клоновой популяции, паратипическую — как усредненный коэффициент корреляции внутри клонов. В обоих случаях использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмэна, который позволяет измерять степень сопряженности между признаками независимо от закона распределения и форм связи [2]. Генотипические коэффициенты корреляции рассчитывали двумя способами: ковариационным анализом и по корреляции средних арифметических отдельных клонов [1]. Оба способа расчета дали практически одинаковые результаты, в сообщении приведены данные, полученные только вторым способом. Статистическая обработка материала приведена на ЭВМ «Наири-К».

В табл. 1 представлены основные генетико-статистические параметры изменчивости изученных признаков в клоновой популяции. Остановимся на анализе полученных данных. Фенотипическая изменчивость (C_{ph}) прироста в высоту осевых побегов в наблюдаемом отрезке онтогенеза закономерно уменьшалась с увеличением возраста кло-

Таблица 1

Год наблюдения	Прирост осевых побегов, см					Прирост боковых побегов, см				
	\bar{x}	C_{ph}	C_g	C_e	H^2	\bar{x}	C_{ph}	C_g	C_e	H^2
1978	35,5	30,4	8,4	29,2	0,076	18,5	58,5	54,3	21,8	0,862
1979	37,0	24,6	13,9	20,3	0,319	20,2	29,4	28,2	8,3	0,920
1980	40,0	19,3	10,0	16,5	0,268	16,5	21,6	20,6	6,5	0,910
1981	45,0	19,8	7,3	18,4	0,136	18,5	19,6	18,6	6,2	0,901
1982	41,5	19,2	11,7	15,2	0,371	17,1	24,0	23,2	6,1	0,934

нов. Это уменьшение связано в основном со снижением уровня паратипической изменчивости от повышенного (29,2 %) до среднего (15,2 %).

Уровень генотипической изменчивости признака в популяции на протяжении почти всего периода наблюдений был низким. Это свидетельствует о том, что в повышении фенотипической стабильности размеров годичного прироста осевых побегов в высоту в изученном отрезке онтогенеза основная роль принадлежит уменьшению влияния факторов среды.

Иные результаты получены при изучении изменчивости линейного прироста боковых побегов, хотя общие тенденции, выявленные в предыдущем случае, сохраняются и здесь — с увеличением возраста значения фенотипического и паратипического коэффициентов вариации признака уменьшаются. Вместе с тем имеются и отличия, выражающиеся, прежде всего, в том, что во втором случае основная роль в возрастном изменении уровней фенотипической изменчивости признака в популяции принадлежит наследственным факторам. Кроме того, значения фенотипического и генотипического коэффициентов вариации признака здесь существенно выше, чем в первом случае, а изменчивость, обусловленная факторами среды, почти на всем протяжении периода наблюдений была, по оценкам шкалы С. А. Мамаева, низкой или очень низкой.

Последнее говорит о том, что линейный прирост боковых побегов характеризуется значительно более высокой автономностью по отношению к формирующим условиям внешней среды, чем линейный прирост осевых побегов. Автономность его определяется тем, что он формируется главным образом под влиянием внутренних (генетических) факторов. В нашем исследовании не было возможности выявить причины изменения уровней генотипической изменчивости размеров линейного прироста боковых побегов. С определенной уверенностью можно лишь предполагать, что эти изменения не связаны с экспрессивностью генов, контролирующих развитие данного признака в онтогенезе, поскольку степень фенотипического проявления признака (его среднее значение) в разные годы наблюдений была близкой ($\bar{x} = 16,5 \dots 20,2$ см).

Уровень наследственной обусловленности фенотипической изменчивости количественных признаков в клоновых популяциях оценивается, как известно, коэффициентом наследуемости в широком смысле.

Исследования показали, что на протяжении всего периода наблюдений наследуемость размеров линейного прироста осевых побегов была ниже среднего уровня ($H^2 = 0,076 \dots 0,371$), в то же время наследуемость размеров линейного прироста боковых побегов характеризовалась очень высокими уровнями ($H^2 = 0,862 \dots 0,934$). При этом не обнаружено какой-либо закономерности возрастных изменений наследуемости обоих признаков. Проявление существенных различий в генотипической обусловленности фенотипической изменчивости этих призна-

ков можно объяснить тем, что отбор плюсовых деревьев, послуживших исходным материалом для создания клоновой популяции, производили согласно общепринятым критериям, по максимальным значениям высоты и диаметра стволов, следовательно, генотипический состав клоновой популяции оказался заведомо ограниченным. В то же время отбор этих же деревьев по размерам линейных приростов боковых побегов был случайным, поскольку данный признак при отборе не принимался во внимание. Поэтому генотипический состав клоновой популяции по данному признаку оказался значительно более разнообразным.

В генетическом анализе популяций лесных древесных растений особое место занимает изучение коррелятивной изменчивости количественных признаков.

Ранее мы уже указывали на важную роль корреляций признаков в естественном и искусственном отборе [4]. Особенно большое значение в селекционной работе имеет изучение генотипических (в клоновых популяциях) и генетических (в популяциях семейного происхождения) корреляций, по которым можно прогнозировать возможное влияние отбора по одному признаку на изменение другого. Однако в лесной селекции выявлению генотипических и генетических корреляций признаков уделяется все еще недостаточное внимание.

В табл. 2 приведены значения фенотипических, генотипических и паратипических коэффициентов корреляции двух названных признаков в изученном отрезке онтогенеза.

Таблица 2

Год на- блю- де- ний	r_{ph}	r_g	r_e
1978	0,824	0,767	0,798
1979	0,882	0,685	0,835
1980	0,775	0,723	0,773
1981	0,735	0,777	0,763
1982	0,849	0,941	0,759

Известно, что при высоких уровнях наследуемости признаков их фенотипическая корреляция обусловлена в основном генотипической корреляцией, при низких — паратипической. Полученные нами данные в отношении их биологической интерпретации более сложны для анализа, так как, с одной стороны, уровни наследуемости признаков существенно различны (низкий и высокий), с другой, генотипический и паратипический компоненты фенотипической корреляции характеризуются одинаково высокими положительными значениями (оценка существенности различий между ними по z -критерию показала, что эти различия недостоверны).

Можно предполагать, что, во-первых, размеры линейного прироста осевых и соответствующих им боковых побегов контролируют тесно сцепленные полигены, принадлежащие одной группе сцепления, во-вторых, оба признака образуют целостную генетическую систему, компоненты которой однозначно реагируют на изменения условий среды, как единое целое.

Тесная положительная корреляция между названными признаками у сосны обыкновенной ранее была установлена Г. Ф. Приваловым [5]. Эта связь, а также индекс отношения длины боковых и осевых побегов в верхушечных мутовках одного и того же года прироста были использованы им в качестве теста для отбора вариаций, различающихся по форме кроны (раскидистая, узкокронная и т. д.), в пределах од-

ной и той же популяции. Благодаря нашим исследованиям, возможность проведения такого отбора получила генетическое обоснование. Наличие же высокой паратипической корреляции между признаками, проявившееся в отсутствии конкуренции, позволяет утверждать, что в сомкнутых насаждениях, где взаимовлияние крон растущих рядом деревьев проявляется особенно сильно, отбор вариаций сосны в селекционных целях по форме кроны затруднителен.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Драгавцев В. А. Методы оценки генотипической, генетической и экологической корреляции количественных признаков в растительных популяциях // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов.— М.: ВНИИТЭИсельхоз, 1973.— С. 45—47. [2]. Лакин Г. Ф. Биометрия.— М.: Высш. шк., 1980.— 293 с. [3]. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений.— М.: Наука, 1973.— 283 с. [4]. Петров С. А. Фенотипические и генетические корреляции признаков древесных растений // Лесоведение.— 1974.— № 2.— С. 92—96. [5]. Привалов Г. Ф. Формы сосны в лесной опытной даче Сибирского отделения АН СССР // Изв. СО АН СССР.— 1960.— № 5.— С. 88—92.

Поступила 16 декабря 1985 г.

УДК 630*907

РЕКРЕАЦИОННОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. И. ТРЕЩЕВСКИЙ

Воронежский государственный университет

Рекреационное лесопользование представляет собой один из пространственных и интенсивных видов использования лесов. Особенно это относится к малолесным регионам с высокой плотностью городской застройки, значительной численностью городского населения. Для организации рекреационного лесопользования, выделения площадей под зеленые зоны важно учитывать сложившуюся систему лесного отдыха, его интенсивность, нагрузку на лесные площади, распространение отдельных видов отдыха, а также прогнозировать их динамику и по возможности активно влиять на такие показатели лесного отдыха, как его продолжительность, структуру, локализацию. Сложность учета и прогнозирования рекреационного лесопользования определяется, прежде всего, тем, что оно формируется преимущественно стихийно, под влиянием ряда факторов: численности и состава населения, плотности городской застройки, уровня организации лесных территорий и самого отдыха, развития транспортной сети и средств транспорта.

Приемлемым методом учета отдыхающих является анкетирование населения. В Воронежской области такой учет проведен в 1977 г. Л. И. Косовой и в 1984 г. нами. Статистическая обработка материала воронежских и других исследований показывает, что анкетирование 0,1 % населения крупного города обеспечивает достаточно высокую точность. Относительная ошибка, как правило, не превышает 5 %. Относительная ошибка, или «показатель точности опыта» [3, с. 52] рассчитана по следующей методике. Определяют ошибку выборочной средней $s_{\bar{x}}$, т. е. ошибку репрезентативности по формуле:

$$s_{\bar{x}} = s/\sqrt{N},$$

где s — среднее квадратичное отклонение от выборочной средней;
 N — величина выборочной совокупности.

Таблица 1

Вид отдыха	1977 г.				1984 г.			
	P_i	m_i	n_i	A_i	P_i	m_i	n_i	A_i
Прогулки:								
пешие	61,5	11,9	3,3	2 415,1	52,2	21,7	3,7	4 191,1
лыжные	33,2	5,8	3,1	602,3	24,8	5,6	4,1	569,4
велосипедные	3,2	24,3	2,1	163,3	4,6	11,6	3,2	170,8
Отдых на берегу водоемов:								
длительный	11,9	17,0	24,0	4 855,2	12,4	10,7	24,0	3 184,3
кратковременный	34,9	6,7	5,5	1 286,1	31,2	11,8	4,6	1 693,5
Сбор:								
ягод	29,0	2,8	3,8	308,6	15,2	4,9	4,1	305,4
грибов	56,5	5,7	3,9	1 256,0	29,6	4,4	5,8	755,4
лекарственных растений	11,1	3,7	2,6	106,8	10,8	3,6	2,8	108,9
плодов	8,3	2,1	2,7	41,8	6,8	4,1	3,2	89,2
Рыбная ловля	14,2	11,8	5,2	871,3	22,6	9,4	5,4	1 147,2
Итого				11 906,5				12 215,2

Далее ошибку выборочной средней сопоставляют с самой средней по формуле

$$P = (s_{\bar{x}}/\bar{x}) \cdot 100 \%,$$

где P — искомая относительная ошибка;
 \bar{x} — средняя величина выборочной совокупности.

Принято считать, что при $P \leq 5 \%$ опыт имеет удовлетворительную точность [3, с. 53]. Данный метод оценки генеральной совокупности по статистическим характеристикам только выборочной совокупности широко рекомендуется и применяется в статистических исследованиях, например [3, с. 51—54]. Более подробно статистические характеристики и методика сбора и обработки данных приведены в работах

[1, 2, 5]. При исследовании 1984 г. в анкету был включен вопрос о том, устраивает ли отдыхающих время отдыха в лесу, и если нет, то каковы причины, его ограничивающие. Это дало возможность уточнить некоторые тенденции в развитии рекреационного лесопользования, вытекающие из прямого сопоставления данных, полученных за анализируемый период.

Для характеристики рекреационного лесопользования учет произведен по его видам (табл. 1) в человеко-часах за год. Для оценки интенсивности использования лесов рассчитан показатель рекреационной активности по каждому виду отдыха и по всем видам в сумме. Данный показатель представляет собой число человеко-часов лесного отдыха, приходящихся на 100 человек населения данного населенного пункта, и рассчитывается по формуле:

$$A_i = p_i m_i n_i,$$

где p_i — процент населения, пользующегося i -м видом отдыха;
 m_i — продолжительность i -го вида отдыха в днях за год;
 n_i — продолжительность i -го вида отдыха в часах за день.

Общий показатель рекреационной активности получают суммированием A_i по всем видам отдыха

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^n A_i.$$

Данные по рекреационному лесопользованию населения г. Воронежа в 1977 и 1984 гг. представлены в табл. 1. Анализ показывает, что динамика рекреационного лесопользования в исследованный период имеет две характерные особенности. Общий показатель рекреационной активности практически не изменился, находится на уровне 12 тыс. чел.-ч в год на 100 человек населения.

В то же время существенно изменилась структура лесного отдыха. Снизился показатель рекреационной активности по таким традиционным видам лесного отдыха, как длительный (свыше суток непрерывно) отдых на берегу лесных водоемов, сбор грибов, лыжные прогулки. Снижение составило соответственно 34,4; 39,9 и 5,5 %. Одновременно наблюдается резкий рост показателя рекреационной активности по пешим прогулкам и кратковременному отдыху на берегу водоемов. Обращает на себя внимание и снижение доли населения, пользующегося лесным отдыхом. Если в 1977 г. его использовало 87 %, то в 1984 г. — 80,4 % населения г. Воронежа. Учитывая, что общий показатель рекреационной активности остался прежним, можно сказать, что потребность в лесном отдыхе возрастает у той части населения, которая им вообще пользуется.

Такие встречные движения, как изменения в структуре рекреационного лесопользования при стабильном показателе рекреационной активности, рост рекреационной активности части населения при уменьшении самой доли населения, пользующегося лесным отдыхом, позволяют предположить, что общая рекреационная активность находится в состоянии неустойчивого равновесия и будет изменяться. Об этом же говорит тот факт, что время лесного отдыха устраивает только 47,6 % опрошенных. Следовательно, можно ожидать возрастания рекреационной активности. В то же время 14 % опрошенных затруднялись квалифицировать свое отношение к продолжительности отдыха в лесу. Это можно рассматривать как их индифферентное отношение к лесу и потенциальный резерв снижения рекреационной активности в целом.

Верхним пределом рекреационной активности на ближайшую перспективу можно считать показатель, достигнутый частью населения,

которую длительность лесного отдыха удовлетворяет. Данные по этой части населения представлены в табл. 2 (A_{ii} — показатель рекреационной активности для группы населения, удовлетворенной временем лесного отдыха).

Таблица 2

Вид отдыха	p_i	m_i	n_i	A_{ii}	$A_{ii} - A_i$
Прогулки:					
пешие	56,7	27,3	3,9	6 036,8	+1 845,7
лыжные	29,2	7,8	4,0	911,0	+341,6
велосипедные	7,5	11,8	3,0	265,5	+94,7
Отдых на берегу водоемов:					
длительный	16,2	13,5	24,0	5 248,8	+2 064,5
кратковременный	31,7	15,8	4,7	2 354,0	+660,5
Сбор:					
ягод	25,0	7,0	3,4	595,0	+289,6
грибов	35,0	5,4	5,5	1 039,5	+284,1
лекарственных растений	14,6	4,1	4,5	269,4	+160,5
плодов	10,4	11,6	3,2	386,0	+296,8
Рыбная ловля	27,1	18,5	5,2	2 607,0	+1 459,8
Итого				19 713,0	+7 497,8

Как видим, показатель рекреационной активности населения, удовлетворенного временем отдыха в лесу, превышает среднюю величину более чем в 1,5 раза.

К сдерживающим факторам в настоящее время следует отнести ухудшение ландшафтных характеристик, истощение ресурсов грибов, дикорастущих ягод, плодов, лекарственных растений в районах интенсивного рекреационного лесопользования. На это указывает, прежде всего, изменение структуры лесного отдыха. Другой фактор — недостаток свободного времени, на это указало 24,4 % опрошенных. Наконец, определенное влияние на снижение рекреационной активности оказывают запреты на посещение лесов в пожароопасный период. Только на это, как на причину неудовлетворенности временем отдыха в лесу, указало 5 %, еще 7,2 % назвали оба фактора: недостаток времени, наряду с запретами на посещение.

Расчет необходимой для рекреационного пользования площади естественных лесов показывает, что при современном состоянии для обеспечения жителей г. Воронежа требуется около 43 тыс. га. Расчет произведен по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{A_i N}{k_i r_i o \cdot 100}.$$

Здесь S — необходимая площадь;
 A_i — показатель рекреационной активности;
 N — число жителей города;
 o — время отдыха основной массы населения (принято равным 8 ч);
 r_i — продолжительность сезона отдыха.

$$k_i = k \frac{1}{\mathcal{E}},$$

где k — предельно допустимая нагрузка (человек на 1 га) по данным Р. И. Ханбекова и С. Ю. Цареградской [6];
 \mathcal{E} — коэффициент экологического воздействия i -го вида отдыха по данным А. И. Тарасова [4].

Увеличение свободного времени населения, сокращение времени, связанного с перемещением к местам отдыха, ожиданием транспорта под влиянием улучшения дорожно-транспортной сети, приведут к росту рекреационной активности. Данное увеличение произойдет только в случае, если не ухудшатся условия отдыха и в первую очередь сам лес. В противном случае может проявиться вторая тенденция — снижение числа рекреантов из состава индифферентной группы.

При росте рекреационной активности до уровня, определяемого частью населения, удовлетворенного временем отдыха в лесу, необходимая площадь увеличится до 78,5 тыс. га (с учетом роста населения города до 900 тыс. чел.). Эта величина уже превышает площадь зеленой зоны города, в связи с чем встает вопрос о наилучшей с экологической точки зрения организации зеленой зоны, повышении рекреационной емкости имеющихся лесных площадей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Косова Л. И., Трещевский Ю. И. Об организации рекреационного пользования лесом // Лесн. хоз-во.— 1981.— № 8.— С. 60—61. [2]. Косова Л. И., Трещевский Ю. И. Рекреационное лесопользование в Воронежской и Горьковской областях / ВЛТИ.— М., 1983.— 26 с.— Деп. в ЦБНТИлесхоз 28.11.83, № 227 л/х, Д—83. [3]. Свалов Н. Н. Вариационная статистика.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 177 с. [4]. Тарасов А. И. Экономика рекреационного лесопользования.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 137 с. [5]. Трещевский Ю. И. Комплексная продуктивность хозяйства в еловых лесах.— Воронеж, 1981.— 28 с. [6]. Ханбеков Р. И., Цареградская С. Ю. Организация зеленых зон с регулированием численности отдыхающих.— М., 1979.— 17 с.

Поступила 16 апреля 1986 г.

УДК 630*443.2:630*111

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ МАРИЙСКОЙ АССР

Г. Г. ЭРСКАЯ

Марийский политехнический институт

Болезни сеянцев приносят лесному хозяйству страны огромные убытки.

В 1981—1984 гг. мы проводили лесопатологическое обследование питомников Марийской АССР с учетом болезней сеянцев по стадиям развития. Цель работы — выяснить влияние метеорологических условий на развитие болезней сеянцев в лесных питомниках.

Развитие болезней рассматривали как логистическую функцию

$$y = \frac{100}{1 + \exp f(x)}$$

от комплекса метеорологических условий: температуры, осадков, относительной влажности воздуха, ГТК, суммы положительных температур за предыдущий и текущий годы.

Влияние метеорологических факторов на развитие болезней сеянцев достаточно полно освещено в отечественной литературе [1—3, 5—11]. Влияние температуры на развитие болезней приведено в сводке И. И. Минкевича [8].

Развитие шютте обыкновенного начинается при температуре 1 °С, прекращается при 35 °С. Рассеивание сумкоспор из апотециев происходит при среднесуточной температуре воздуха 15 °С и выше и высокой относительной влажности воздуха [1—3, 8—11].

Росы и мороси способствуют созреванию апотециев и рассеиванию сумкоспор, благодаря более длительному (в 3—5 раз) по сравнению с дождевыми осадками увлажнению хвои [1—3, 8—11].

В Венгрии центрами инфекции шютте обыкновенного служат районы с осадками более 500 мм в период вегетации, районы с осадками 300...400 мм опасны в отношении этой болезни, территория с меньшим количеством осадков подвержена спорадическим эпифитотиям [8].

В Белоруссии наиболее сильная споруляция апотециев шютте обыкновенного происходит при температуре 12...16 °С и высокой относительной влажности воздуха [11].

В Среднем Поволжье развитие шютте обыкновенного детально изучал Н. М. Ведерников [1—3]. Он отметил, что интенсивность рассеивания сумкоспор из апотециев обуславливается высокой относительной влажностью воздуха.

Им же дан краткосрочный прогноз даты первой обработки сеянцев фунгицидами [2]. На номограмме из трех линейных шкал откладывают: на левой — суммы осадков (мм), на правой — суммы эффективных температур выше 15° С за период схода снега до 16 июня текущего года. Средняя шкала — дата опрыскиваний — построена по фактическим данным начала летней споруляции возбудителя. По материалам ближайшей метеостанции эти показатели наносят на номограмму. Точка пересечения прямой средней шкалы показывает точную дату опрыскиваний.

Н. И. Якимов [11] предлагает прогнозировать эпифитотии шютте обыкновенного по суммарному коэффициенту погоды (P)

$$P = DV_a V_c T,$$

где D — число дней с осадками (росами) в августе — сентябре;
 V_a — относительная влажность воздуха в августе;
 V_c — относительная влажность воздуха в сентябре;
 T — среднемесячная температура октября.

При значении суммарного коэффициента погоды 1,1...1,68 в следующем году следует ждать эпифитотии.

Принцип Н. И. Якимова оправдал себя для условий Марийской АССР в 1981—1984 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Развитие шютте обыкновенного на 1—2-летних сеянцах сосны в зависимости от суммарного коэффициента погоды в питомниках Марийской АССР в 1981—1984 гг.

Год наблюдений	Суммарный коэффициент погоды (P)	Развитие шютте обыкновенного, %	Прогноз болезни
1981	1,10	43,6	Эпифитотия
1982	2,15	23,2	»
1983	0,70	10,2	Нет эпифитотии
1984	1,50	45,5	Эпифитотия
1985	1,10	54,8	»

В 1981—1984 гг. развитие шютте обыкновенного 1—2-летних сеянцев сосны в базисных питомниках Марийской АССР происходило при среднесуточной температуре 7...21 °С и относительной влажности воздуха более 50 %. Характер эпифитотии шютте принимало при частых осадках и высокой относительной влажности воздуха, что согласуется

с данными других авторов [1—3, 8—11]. Логистическая функция развития болезни выражена уравнением

$$y = \frac{100}{1 + \exp(0,046333x_1 - 0,05493x_2 - 0,74170)},$$

где x_1 — относительная влажность воздуха;
 x_2 — среднемесячная температура.

Мицелий возбудителей выпревания растет под снегом при среднемесячной температуре 2...6 °С, минимальной — 0 °С, максимальной 6...10 °С и высокой относительной влажности воздуха [3, 5]. Развитию выпревания способствует теплая влажная затяжная весна, высокий снежный покров и растянутый период снеготаяния весной [3, 5].

Развитие выпревания на однолетних сеянцах сосны происходило в базисных питомниках Марийской АССР при высоте снежного покрова более 30 см, среднемесячной температуре воздуха 12,7 °С и относительной влажности воздуха более 90 %.

Логистическая функция выпревания (y) показывает зависимость развития болезни от среднемесячной температуры (x_1), относительной влажности воздуха (x_2) в мае — июне и высоты снежного покрова зимой (x_3):

$$y = \frac{100}{1 + \exp(0,21218x_1 + 0,1061x_2 - 0,0860x_3 - 3,5858)}.$$

Развитие соснового вертуна в питомниках и культурах происходит на сосне в теплые влажные весны при непосредственной близости молодняков осин, тополей, ив [4, 7, 11].

В. И. Крутов [6] разработал долгосрочный прогноз соснового вертуна для южной Карелии. По нему развитие этой болезни определяют два фактора: сумма положительных температур выше 10 °С за июнь, июль, сентябрь предшествующего года и осадки за август при температуре выше 5 °С.

В 1981—1984 гг. эпифитотии соснового вертуна в лесных питомниках Марийской АССР развивались при сумме положительных температур с начала вегетации более 200 °С, текущей среднемесячной температуре 13 °С и сумме осадков более 100 мм в мае — июне. Развитие этой болезни определяли сумма положительных температур за предыдущий год (x_1), текущие среднемесячная температура (x_2) и осадки (x_3):

$$y = \frac{100}{1 + \exp(0,00321x_1 - 0,2612x_2 + 0,01419x_3 - 0,91)}.$$

Прогноз полегания в зависимости от температуры изложен И. И. Журавлевым и В. И. Соколовым. Для первой эпифитотии полегания необходим прогрев верхнего слоя почвы до 8...10 °С в период прорастания семян, для второй — до 14...16 °С в период массового появления всходов.

По данным И. И. Журавлева, конидии рода *Fusarium* начинают прорастать при температуре 6...8 °С, оптимум — 20...22 °С. При температуре окружающей среды до 10 °С патоген не способен внедряться в растение. Несоответствие развития полегания с погодными факторами отражено в работах В. В. Гуляева [5], Н. М. Ведерникова, В. Г. Яковлева [3].

В 1981—1984 гг. эпифитотии полегания всходов сосны в лесных питомниках Марийской АССР развивались при сумме положительных температур после схода снега более 200 °С, среднесуточной температуре воздуха 10 °С и выше и количеству осадков более 20 мм. Развитие полегания в этот период выражено логистической функцией

$$y = \frac{100}{1 + \exp(7,51355 - 0,06784x_1 - 0,04059x_2)}$$

где x_1 — высота снежного покрова;
 x_2 — глубина промерзания почвы.

Очевидно, высота снежного покрова и глубина промерзания почвы оказывают влияние на количество патогенных грибов в почве.

Таким образом, можно выделить следующие метеофакторы, по видам болезней сеянцев: шютте обыкновенное — среднесуточная температура и относительная влажность воздуха; выпревание — среднесуточная температура, относительная влажность воздуха, высота снежного покрова; сосновый вертун — сумма положительных температур за предыдущий год, текущие среднемесячная температура и осадки; полегание — высота снежного покрова и глубина промерзания почвы. При экстремальных значениях этих факторов (табл. 2) можно ожидать развития болезней сеянцев в лесных питомниках и ущерб от них.

Таблица 2

Прогноз развития болезней

Болезнь	Высота снежного покрова, см	Глубина промерзания почвы, см	Среднемесячная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур за предыдущий год, °	Осадки, мм	Относительная влажность воздуха, %	Развитие болезни, %
Полегание	25,6	81,4					8,22
	48,2	133,6					25,00
	2,6	29,2					0,22
Выпревание	36,1		12,7			68,1	3,80
	56,1		21,0			89,5	42,40
	16,0		3,6			46,7	0,40
Сосновый вертун			13,3	2 293,0	102,3		100,00
			17,5	3 101,2	229,9		100,00
			8,1	484,8	25,3		0,00
Шютте обыкновенное			7,5			51,7	11,10
			20,8			85,7	22,20
			14,2			68,7	15,90

Проведенные исследования указывают на некоторые предпосылки экологического метода борьбы с болезнями сеянцев в лесных питомниках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ведерников Н. М. Развитие гриба *Lophodermium pinastri* Chev. и вызываемой им болезни // Рубки и восстановление леса в Среднем Поволжье.— Казань, 1984.— С. 118—131. [2]. Ведерников Н. М. Прогноз обыкновенного и снежного шютте в питомниках // Лесн. хоз-во.— 1985.— № 4.— С. 63—65. [3]. Ведерников Н. М., Яковлев В. Г. Защита хвойных сеянцев от болезней.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 89 с. [4]. Графов Ю. А. Сосновый вертун на вересковых вырубках // Лесн. хоз-во.— 1973.— № 2.— С. 57—60. [5]. Гуляев В. В. Выпревание сеянцев сосны в лесных питомниках // Тр. по лесн. хоз-ву.— Казань, 1948. [6]. Крутов В. И. Учет, прогноз и борьба с сосновым вертуном.— ЦБНТИ Гослесхоз СССР, 1983.— 19 с. [7]. Минкевич И. И. Погода и болезни леса.— Л.: ЛТА, 1979.— 46 с. [8]. Минкевич И. И. Прогноз болезней леса.— Л.: ЛТА, 1980.— 30 с. [9]. Минкевич И. И. География распространения и вредоносность болезней лесных пород.— Л.: ЛТА, 1982.— 47 с. [10]. Трошанин П. Г. Сосновый вертун и борьба с ним.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952.— 46 с. [11]. Якимов Н. И. Шютте обыкновенное сосны в питомниках и в культурах Белорусской ССР и разработка зональных мероприятий по борьбе с ним: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Л., 1980.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.033:625.042.3

О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Вопрос о точности определения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей в зависимости от температуры рельсов актуален и имеет практическое значение.

При стендовых испытаниях на устойчивость напряженное состояние рельсовых плетей определяют двумя способами: по температуре рельсов и с помощью тензодатчиков. Оба способа, как показано в работе [2], не обладают достаточной точностью, но в сравнимых условиях более объективную информацию можно получить первым способом, так как он позволяет установить распределение продольных сил по длине плети и определить перемещение ее сечений. Помимо этого, применение рельсовых плетей в различных условиях зависит от наибольшей величины приращения температуры рельсов после укладки плетей в путь.

При проведении опытов необходимо оценить степень равномерности распределения температуры по длине плети и определить, на каком расстоянии друг от друга следует устанавливать жидкостные или электрические термометры.

Изменение температуры по длине рельса зависит от многих факторов, в том числе от способа нагрева рельсов, количества дополнительной теплоты, получаемой рельсами от солнечной радиации, количества теплоты, теряемой в окружающую среду, погодных-климатических условий местности в период проведения испытаний, времени суток и т. д. (закон изменения в общем случае неизвестен). Ряд факторов рассмотрен в работе [3], где показано, что в одинаковых условиях температура рельсов даже по поперечному сечению распределяется неравномерно. Очевидно, нельзя ожидать равномерного распределения температуры рельсов и по длине плети, что должно сказаться на точности определения температурной сжимающей силы.

В качестве критерия равномерности распределения температуры используем основные статистические характеристики массива температур для рельсовой плети.

Для примера рассмотрим данные измерений температуры по длине рельсовой плети, приведенные в работе [4], и вычислим статистические характеристики (табл. 1) [1].

Изменчивость температуры рельсов по длине плети наиболее объективно характеризуют значения v и p , так как они являются относительными величинами. Первая из них оценивает погрешность среднего арифметического значения, вторая — среднего квадратичного. При заданном числе наблюдений n (замеров температуры) эти величины связаны зависимостью

$$p = \frac{v}{\sqrt{n}}.$$

Таблица 1

Номер опыта	Значение температур, °С, для координат сечений, см					Статистические характеристики				
	800	1 600	2 400	3 200	4 000	$M, ^\circ\text{C}$	$m, ^\circ\text{C}$	$\sigma_t, ^\circ\text{C}$	$v, \%$	$\rho, \%$
4	36	23	20	28	23	26,0	2,81	6,28	24,17	10,81
5	28	30	29	24	25	27,2	1,16	2,59	9,52	4,25
8	43	40	39	42	41	41,0	0,71	1,58	3,86	1,72
10	28,5	33	33	30	32	31,3	0,89	1,99	6,35	2,84
12	39	35	38	37	37	37,2	0,66	1,48	3,99	1,78
14	38	38	38	38	39	38,2	0,20	0,45	1,17	0,52
16	53	53	50	49,5	50,5	51,2	0,75	1,68	3,28	1,47
18	44	46	48	48	46	48,4	0,75	1,67	3,61	1,61
19	41	41	41	44	42	41,8	0,58	1,30	3,12	1,39
20	31	36	34	35	39	35,0	1,30	2,92	8,33	3,72

Примечание. M — средняя арифметическая температура плети; m — средняя ошибка среднего арифметического; σ_t — среднее квадратичное отклонение; v — коэффициент вариации; ρ — показатель точности.

Для оценки степени равномерности распределения температуры по длине плети достаточно задать нормативное значение v . Если анализировать данные, приведенные в табл. 1, то можно установить наличие корреляционной зависимости между v и размахом изменения температуры $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$. Значения Δt , v и $\Delta \tau = \frac{\Delta t}{M} \cdot 100 \%$ приведены в табл. 2. С их помощью найдены коэффициенты корреляции r и их ошибки m_r .

Таблица 2

Номер опыта	$M, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$v, \%$	$\Delta \tau, \%$	$v_{\rho \Delta t}, \%$	$v_{\rho \Delta \tau}, \%$	$\Delta t_{\rho}, ^\circ\text{C}$	$\Delta \tau_{\rho}, \%$	$\Delta \rho, \%$
4	26,0	16	24,17	61,54	23,83	23,19	16,09	61,38	10,84
5	27,2	6	9,52	22,06	8,15	8,48	7,10	23,79	4,33
8	41,0	4	3,86	9,76	5,02	3,89	3,63	9,27	1,52
10	31,3	4,5	6,35	14,38	5,80	5,62	5,16	15,56	2,16
12	37,2	4	3,99	10,37	5,02	4,26	3,71	9,60	0,97
14	38,2	1	1,17	2,62	0,31	1,23	1,98	2,37	0,65
16	51,2	3,5	3,28	6,84	4,23	2,55	3,28	7,78	1,70
18	48,4	4	3,61	8,62	5,02	3,21	3,47	8,62	1,39
19	41,8	3	3,12	7,18	3,44	2,93	3,17	7,37	1,10
20	35,0	8	8,33	22,86	11,29	8,78	6,37	20,74	5,54
Среднее	—	5,4	6,47	16,659	7,21	6,41	5,39	16,648	—

Они имеют следующие значения:

для зависимости между Δt и v : $r = 0,981$, $m_r = 0,012$;

для зависимости между $\Delta \tau$ и v : $r = 0,978$, $m_r = 0,014$.

Так как оба коэффициента корреляции близки к единице и их ошибки малы, то можно предположить, что эти величины связаны линейными зависимостями. Уравнения этих зависимостей, найденные по формуле:

$$y = M_y + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - M_x),$$

где M_x , M_y — средние арифметические значения рассматриваемых величин (табл. 2);

σ_x, σ_y — их средние квадратичные отклонения, имеют вид:

$$v_{p\Delta t} = -1,2566 + 1,5684\Delta t;$$

$$v_{p\Delta\tau} = 0,2610 + 0,3727\Delta\tau;$$

$$\Delta t_p = 1,2647 + 0,6135v;$$

$$\Delta\tau_p = -0,6325 + 2,5655v.$$

Вычисленные по этим уравнениям значения расчетных величин приведены в табл. 2. Они имеют сравнительно небольшое расхождение с полученными ранее характеристиками, что подтверждает применимость линейных уравнений связи. Более тесную связь имеют зависимости между v и $\Delta\tau$, что позволяет рекомендовать их для дальнейшего анализа.

Применяя корреляционные уравнения, рассмотрим теперь вопрос об оценке равномерности распределения температуры по длине плети. Для этого зададим несколько значений относительной величины $\Delta\tau$ и вычислим соответствующие им значения v и Δt (табл. 3).

Таблица 3

Показатель	Значение показателей при $\Delta\tau, \%$					
	5	6	7	8	9	10
$v, \%$	2,12	2,50	2,87	3,24	3,62	3,99
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	2,56	2,80	3,02	3,25	3,48	3,71

Данные табл. 3 показывают, что при 5 %-м относительном размахе температур их абсолютная разность составляет 2,56 $^\circ\text{C}$, при 10 %-м — 3,71 $^\circ\text{C}$.

Размах температур не очень велик. Поскольку нельзя требовать жесткого условия равномерного нагрева плети по ее длине, можно ограничиться 5- или 10 %-м относительным размахом, а учитывая множество факторов, влияющих на температуру рельсов, приемлемым с практической точки зрения следует считать 10 %-й размах. Ему соответствует значение v , равное 4 %, которое в дальнейшем и надо считать нормативным.

Оценивая по этому показателю результаты, приведенные в табл. 1, можно сделать вывод, что в опытах № 8, 12, 14, 16, 18, 19 распределение температуры рельсов по длине плети равномерное, в остальных опытах — неравномерное.

Конечно, такой критерий оценки равномерности в известной степени условен и может быть в дальнейшем уточнен, но он имеет математическое обоснование.

В последней графе табл. 2 дана относительная погрешность продольных сил для рассматриваемых опытов (%)

$$\Delta p = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \cdot 100,$$

вычисленных по методике, приведенной в работе [2]. Для тех опытов, в которых распределение температуры принято равномерным, погрешность не превышает 2 %, что можно считать допустимым.

Степень равномерности или неравномерности распределения температуры по длине плети объективно не зависит от числа термометров, установленных по ее длине, но это число определяет степень достоверности информации о распределении температуры.

При постоянной температуре во всех сечениях плети, очевидно, достаточно было бы ограничиться измерением только в одной точке. Но так как реальные условия отличаются от идеальных, то число точек измерения должно быть больше единицы.

Минимальной следует считать установку трех термометров: двух по концам плети и одного в середине, но и в этом случае закон изменения температуры по длине плети остается неизвестным, так как в отдельных сечениях возможны местные отклонения в температуре рельсов.

Очевидно, что измерить температуру всех сечений рельсовой плети невозможно и ненужно. Число измерений должно быть таким, чтобы оно позволило вполне достоверно описать закон изменения температуры по длине рельса.

Для более или менее точного решения задачи надо учитывать напряженно-деформированное состояние рельсовой плети и использовать уравнения теплопроводности. Однако в первом приближении достаточно учитывать только степень равномерности распределения температуры по длине плети.

В качестве критерия здесь можно взять относительное приращение температуры $\Delta\tau$. За ее нормированное значение было принято $\Delta\tau = 10\%$. Это позволяет определить допустимую разность показаний двух соседних термометров в зависимости от средней температуры рельсов по длине плети (табл. 4).

Таблица 4

Средняя температура рельса, °С	25	30	35	40	45	50	55	60
Разность показаний термометров, °С	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Если судить по критерию $\Delta\tau = 10\%$, то в опытах № 4, 5, 10, 12, 20 (табл. 1) частота установки термометров по всей длине плети (опыт № 4) или на части длины была недостаточной, а в опыте № 14 — избыточной.

Однако применение одного этого критерия также недостаточно. При большом расстоянии между термометрами, даже если разность их показаний не превышает допустимых значений, в промежутке между ними температура рельсов может резко различаться. Следовательно, расстояние между термометрами должно быть таким, чтобы исключить такую возможность.

Вследствие того, что закон распределения температуры по длине плети неизвестен, нельзя получить не только точное, но и приближенное аналитическое решение задачи о частоте установки термометров по длине плети. В каждом конкретном случае следует решать ее практически, на основании ориентировочных данных о характере распределения температуры, которые могут быть получены из предварительных опытов. Только после этого можно ответить на вопрос, сколько надо установить термометров и на каком расстоянии друг от друга.

В наших опытах термометры устанавливали через 8 м. В большинстве случаев для принятого способа нагрева рельсов с помощью трубчатых нагревателей это оказалось достаточным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.— М.: Лесн, пром-сть, 1966.— 250 с. [2]. Морозов С. И. Напряженно-деформированное состояние рельсов железнодорожного пути на стееде // Лесн, журн.— 1987.— № 3.— С. 37—44.—

(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Першин С. П. Температурные воздействия на рельсовый путь и их влияние на его устройство и эксплуатацию // Вопросы бесстыкового пути: Сб. тр. / Моск. ин-т ж.-д. тр.-та. — М.: Транспорт, 1969. — Вып. 318. — С. 3—135. [4]. Попов М. В. Влияние начальных несовершенств на устойчивость рельсошпальной решетки // Лесн. журн. — 1977. — № 4. — С. 83—88. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 10 марта 1987 г.

УДК 630*323

ВЛИЯНИЕ ВЫЛЕТА МАНИПУЛЯТОРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВПМ ПРИ РУБКАХ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В. Н. МЕНЬШИКОВ, С. Н. СОТОНИН

Ленинградская лесотехническая академия

В данной статье рассмотрено влияние рабочего вылета манипулятора (ширины разрабатываемой ленты) на производительность машины при проведении начального приема рубки. Часовую производительность ВПМ при разработке лесосеки по схеме без холостых переездов по лентам определяют по формуле

$$П_ч = Q/T, \quad (1)$$

где Q — объем леса, намеченный к рубке в начальный прием, м³;
 T — время, затрачиваемое машиной на выполнение операций при освоении всей лесосеки, ч;

$$Q = (Sq d_b + (2\xi R - d_b) S \mu_q q) / 2\xi R, \quad (2)$$

S — площадь лесосеки, га;
 q — средний запас леса на 1 га в период рубки, м³;
 d_b — ширина технологического коридора, м;
 R — максимальный вылет манипулятора, м;
 ξ — коэффициент, учитывающий использование максимального вылета манипулятора во время работы;
 μ_q — интенсивность рубки по запасу;

$$T = T_n + T_x + T_{II} + T_{yc} + T_{p. n}, \quad (3)$$

T_n — затраты времени на движение машины при выполнении технологической работы, ч;
 T_x — затраты времени на холостые переезды с ленты на ленту (зависящие от принятой схемы разработки лесосеки), ч;
 \bar{T}_{II} — затраты времени на обработку деревьев, ч;
 T_{yc} — затраты времени на установку машины на технологических стоянках, ч;
 $T_{p. n}$ — затраты времени на разгрузку пачек деревьев, ч;

$$T_n = SK_0 / 2\xi R v_{т. п}, \quad (4)$$

K_0 — коэффициент, учитывающий увеличение (уменьшение) пройденного трактором пути за счет непрямолинейности волоков;
 $v_{т. п}$ — средняя скорость движения машины при выполнении технологической работы, м/ч;

$$T_x = (SK_0 K_1 / (2\xi R) + AK_1) / v_{x. x}, \quad (5)$$

- K_1 — коэффициент, учитывающий изменение пройденного машинной пути за счет разворотов при переезде с ленты на ленту;
 A — сторона лесосеки, по которой совершается холостой переезд, м;
 $v_{x.x}$ — средняя скорость движения машины при холостых переездах с ленты на ленту, м/ч;

$$T_{ц} = t_{ц} Q / V_{хл}, \quad (6)$$

- $V_{хл}$ — средний объем хлыста, м³;
 $t_{ц}$ — средняя продолжительность обработки одного дерева, ч;

$$t_{ц} = t_{нав} + t_{зах} + t_{ср} + t_{пер} + t_{ук}, \quad (7)$$

- $t_{нав}$ — затраты времени на наводку захватно-срезающего устройства на дерево, ч,

$$t_{нав} = \left(0,66 \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) - r \right) / v_{зсу}, \quad (8)$$

- r — минимальный вылет манипулятора валочно-пакетирующей машины, м;
 $v_{зсу}$ — средняя скорость наводки захватно-срезающего устройства на дерево, м/ч;
 $t_{зах}$ — затраты времени на захват дерева, ч;
 $t_{ср}$ — затраты времени на срезание дерева, ч;
 $t_{пер}$ — затраты времени на перенос срезанного дерева к месту укладки ($t_{пер} = 0,77 t_{нав}$), ч;
 $t_{ук}$ — затраты времени на укладку одного дерева, ч;

$$T_{yc} = t_{yc} S / 2 \xi R a, \quad (9)$$

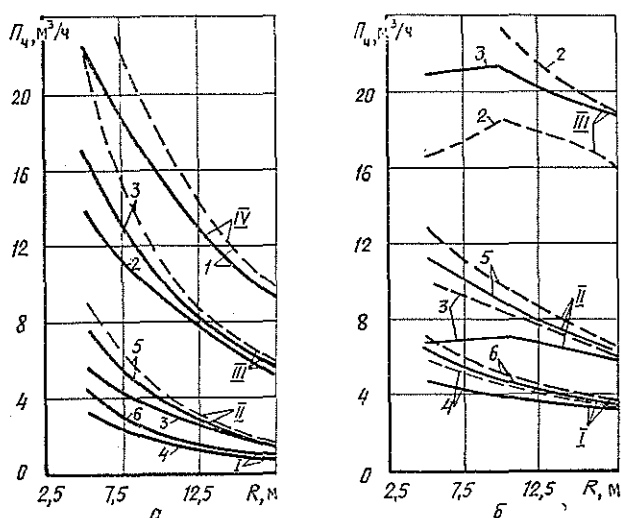
- t_{yc} — продолжительность установки машины на одной технологической стоянке, ч;
 a — расстояние между технологическими стоянками машины, м (должно обеспечивать необходимую вероятность удаления деревьев);

$$T_{p.n} = t_{p.n} Q / M, \quad (10)$$

- $t_{p.n}$ — продолжительность разгрузки одной пачки, ч;
 M — средний объем пачки, сформированной в конике машины, м³.

Были приняты следующие показатели: $S = 9$ га; $q = 100, 150, 200$ м³/га; $d_n = 5$ м; $R = 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5$ м; $K_0 = 1,0$; $\mu_q = 0,25; 0,30; 0,50$; $K_1 = 1,0$; $\xi = 1,0$; $v_{т.п} = 0,1; 0,3; 0,5$ м/с; $A = 300$ м; $v_{x.x} = 0,8$ м/с; $r = 3,5$ м; $v_{зсу} = 0,1; 0,3; 0,5$ м/с; $t_{зах} = 3$ с; $t_{ср} = 8$ с; $t_{ук} = 10$ с; $t_{yc} = 10$ с; $a = 3, 4, 5$ м; $t_{p.n} = 15$ с; $M = 6$ м³.

Расчеты выполнены с использованием ЭВМ ЕС-1022. Результаты расчетов графически изображены на рисунке, из которого видно, что с увеличением ширины разрабатываемой ленты снижается производительность машины. Это явление наблюдается во всех лесорастительных условиях, встречающихся в практике рубок промежуточного пользования. Лишь в случае, когда удаляется из древостоя небольшое число деревьев (200...250), при среднем объеме хлыста 0,3 м³ и при скорости наводки захватно-срезающего устройства 0,5 м/с и более, можно ожидать некоторое повышение производительности машины, при том, что максимальная ширина ленты не будет превышать 20 м (рабочий вылет манипулятора 10 м).



Изменение производительности ВПМ в зависимости от рабочего вылета манипулятора (ширины разрабатываемой полуленты) при скорости наведения ЗСУ на дерево: *а* — 0,1 м/с; *б* — 0,5 м/с. Средний объем хлыста, м³: *I* — 0,05; *II* — 0,1; *III* — 0,3; *IV* — 0,5. Число стволов на 1 м²: 1 — 0,06; 2 — 0,067; 3 — 0,1; 4 — 0,2; 5 — 0,3; 6 — 0,6. Сплошная линия — скорость переезда между стоянками 0,1 м/с; штриховая — 0,5 м/с.

В остальных же условиях производительность снижается, и тем интенсивнее, чем меньше средний объем хлыста. Повышение скорости переезда машины между технологическими стоянками с 0,1 до 0,5 м/с приводит к росту производительности (до 20...25 %) при ширине разрабатываемой ленты 10...15 м. При большей ширине ленты рост незначителен. Это объясняется тем, что для удаления деревьев с вероятностью 0,9...0,95 расстояние между стоянками должно быть 3...5 м, т. е. повышение скорости переезда большой роли здесь не играет. Более положительный эффект может быть получен при одновременном повышении скоростей наводки захватно-срезающего устройства и переезда.

Повышение интенсивности рубки с 25 до 30 % не сказывается заметно на производительности, но повышение до 50 % дает существенный положительный эффект.

Увеличение вылета манипулятора позволяет обрабатывать большую площадь и формировать пачки деревьев большего объема. Независимо от того, где формируется пачка (в конике или на земле), будет возрастать производительность трелевочного трактора. Это должно быть учтено при определении рационального вылета манипулятора ВПМ. Очевидно, что вылет будет рациональным, когда производительность машины и трактора равны. Это условие можно выдерживать соответствующим подбором размеров лесосеки и типа трактора. Если размеры лесосеки велики, а производительность трактора мала, то следует учитывать производительность двух-трех тракторов. В этом случае вопрос о рациональном вылете манипулятора может быть решен с учетом удельных приведенных затрат.

Поступила 15 июля 1985 г.

УДК 629.114.2 : 658.581

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

А. И. ПЕЛЕНКОВ

УралНИИС НПО НАТИ

Для сложных технических систем находят применение в основном следующие модели режимов технического обслуживания (ТО): регламентный, по техническому состоянию, надежности, достижению календарных сроков, потребности и наибольшей производительности. Использование вида модели для конкретной системы зависит от ее функционального назначения. Основная функция трактора состоит в выполнении заданного объема работ. Определяющими факторами при этом являются уровень надежности трактора и расходы на поддержание его в работоспособном состоянии, которые зависят от оптимальности применяемого режима ТО.

В. М. Михлиным разработана целевая функция оптимизации для трех режимов ТО трактора: регламентного, по техническому состоянию и надежности [1]. При выборе режима ТО могут также оптимизироваться приведенные затраты на ТО, ремонт и реновацию трактора [4]. С. А. Иофинов при обосновании периодичности ТО использует производительность трактора [1].

Применительно к тракторам существенным недостатком всех перечисленных режимов является несогласованность периодичности их обслуживания с периодичностью планирования работы эксплуатирующей организации.

Для трелевочных тракторов из-за более сложных условий эксплуатации по сравнению с другими тракторами эта несогласованность особенно отрицательно отражается на процессе его использования. Установлено, что наработка трактора является случайной величиной [5, 6]. В силу этого потребность в проведении ТО может наступить в любой момент эксплуатации тракторов, что вызывает нарушение непрерывности производственного процесса и ритмичности работы организации, а выполнение плана становится вероятностным. Все это приводит к несоблюдению периодичности большинства операций ТО, а некоторая их часть вообще не проводится, что вызывает отказы, связанные с этими нарушениями [2].

В целях повышения ритмичности работы организации и качества проведения ТО для исследований был принят режим ТО по достижении календарных сроков. Он представляется наиболее целесообразным как в технико-экономическом, так и организационном аспектах.

При теоретическом обосновании названного режима ТО в качестве целевой принята функция выполнения трактором полезного объема работ в k -й календарный период Q_n^k , максимальное значение которого стремится к плановому объему Q^k , заданному на этот период T_k :

$$\max Q_n^k \rightarrow Q^k. \quad (1)$$

Календарными здесь приняты периоды, разделенные по длительности на уровни: высший, средний и низший. Структурная схема периодов представлена на рис. 1.

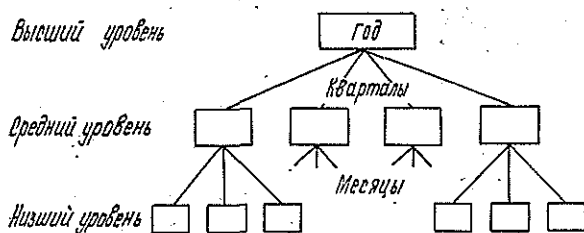


Рис. 1. Структурная схема календарных периодов

Рассмотрим процесс выполнения планового объема работ Q^k при действующем регламентном по наработке режиме ТО.

Графически использование времени календарного периода представлено на рис. 2, а, а уравнение использования времени календарного периода при этом режиме ТО запишется в следующем виде:

$$T_k = \int_{-\infty}^{\infty} t_k f(t_k) dt_k + \sum_{i=1}^s T_{\text{оп} \text{ ТО} \mu \text{ к}},$$

где первое слагаемое — математическое ожидание наработки трактора при выполнении полезного объема работ в k -м календарном периоде; второе — средняя суммарная оперативная продолжительность операций μ -го вида ТО ($i = 1, 2, 3, \dots, s$) или время выполнения фиктивного объема работ в k -м календарном периоде. Переходя к объемам работ через объем работы в единицу наработки \bar{f} , получим:

$$\max Q_n = Q_k - Q_\phi \geq Q^k. \quad (2)$$

Уравнение (2) будет выполняться только при строгом соблюдении режима ТО, в противном случае, как указывалось выше, возникают отказы, и график использования календарного времени будет иметь другой вид (рис. 2, б).

При этом время календарного периода расходуется на выполнение не в полном объеме ТО, устранение отказов, вызванных несоблюдением режима ТО, и все составляющие времени переходят в случайные величины.

Уравнение объема выполненной работы имеет вид

$$Q'_k = Q'_n + Q_{\text{то}} + Q_{\text{от}} = Q'_n + Q'_\phi,$$

отсюда

$$\max Q'_n = Q'_k - Q'_\phi < Q^k. \quad (3)$$

Неравенство (3) показывает, что максимально возможный полезный объем работ будет всегда меньше заданного планового объема, подлежащего выполнению в k -м календарном периоде, из-за затрат времени на устранение отказов, которые всегда значительно выше затрат на техническое обслуживание.

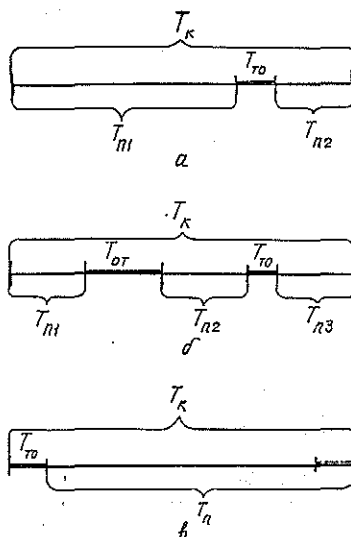


Рис. 2. Графики использования календарного времени

Неравенство (3) не может удовлетворить эксплуатирующую организацию и исполнителя. Добиваясь приведения объемов $\max Q'_n$ и Q^k в соответствие, исполнители вынуждены переходить к режиму по потребности, т. е. эксплуатировать трактор до отказа. При этом неопределенность выполнения заданного полезного объема работ еще больше возрастает, а доверительная вероятность выполнения задания резко снижается.

Рассмотрим процесс использования календарного времени при проведении профилактических работ по достижении календарных сроков, график которого приведен на рис. 2, в.

При этом режиме, как и было рассмотрено,

$$T_k = T_n + \sum_{i=1}^s T_{\text{топк}}^{\text{оп}},$$

но здесь T_n — наработка трактора в календарном периоде, определенная на основе статистических данных и принятая постоянной величиной.

Целевая функция при использовании рассматриваемого режима имеет вид

$$\max Q_n = Q_k - Q_{\text{ф}} \geq Q^k. \quad (4)$$

Цель (4) при этом режиме достигается за счет: проведения технического обслуживания в начале или конце календарного периода; повышения ритмичности работы трактора и лучшей организации ТО.

Для оценки эффективности рассматриваемых режимов ТО введем понятие коэффициента использования времени календарного периода, $K_{\text{икв}}$

$$K_{\text{икв}} = K_p K. \quad (5)$$

Коэффициент K_p характеризует ритмичность работы трактора, а коэффициент K — время, расходуемое на выполнение фиктивного объема работ.

Коэффициент ритмичности рассчитывают по следующим формулам: для календарного периода низшего уровня

$$K_p = 1 / \sum_{i=1}^a n_{pi} = 1 / \left[\left(\sum_{j=1}^b n_{oj} \right) + 1 \right] = \omega / (1 + \omega);$$

для календарного периода более высокого уровня

$$K_p = n / \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^a n_{piv} = n / \left[\left(\sum_{v=1}^n \sum_{j=1}^b n_{0jv} \right) + 1 \right] = n\omega / (1 + \omega),$$

где $\sum_{i=1}^a n_{pi}$ — число периодов работы ($i = 1, 2, 3, \dots, a$);

$\sum_{j=1}^b n_{oj}$ — число остановок трактора для выполнения ТО и устранения отказов, вызванных нарушениями режима ТО, в календарном периоде низшего уровня ($j = 1, 2, 3, \dots, b$);

n — число календарных периодов низшего уровня в календарном периоде более высокого уровня;

$$\omega = 1 / \sum_{j=1}^b n_{oj} \text{ или } \omega = 1 / \sum_{v=1}^n \sum_{j=1}^b n_{0jv}; \quad v = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Время, расходуемое на выполнение фиктивного объема работ $Q_{\text{ф}}$ в календарном периоде, оценивается долей во времени, затрачиваемом

на выполнение полезного объема работ $Q_{п.}$ Эту долю вычисляют по формуле

$$K = 1/(1 + \varepsilon),$$

где $\varepsilon = \sum_{j=1}^b T_{\phi j} / \sum_{i=1}^a T_{ni}$ (для календарного периода низшего уровня);

$\varepsilon = \sum_{v=1}^n \sum_{j=1}^b T_{\phi jv} / \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^a T_{niv}$ (для календарного периода более высокого уровня).

Для вычисления ε при наличии данных об объемах работ можно воспользоваться следующими зависимостями:

$$\varepsilon = \sum_{j=1}^b Q_{\phi j} / \sum_{i=1}^a Q_{ni}; \quad \varepsilon = \sum_{v=1}^n \sum_{j=1}^b Q_{\phi jv} / \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^a Q_{niv}.$$

После подстановки значений K_p и K формула коэффициента $K_{нкв}$ (5) примет вид:

для календарного периода низшего уровня

$$K_{нкв} = \omega / (1 + \omega)(1 + \varepsilon),$$

для календарного периода более высокого уровня

$$K_{нкв} = n\omega / (1 + \omega)(1 + \varepsilon).$$

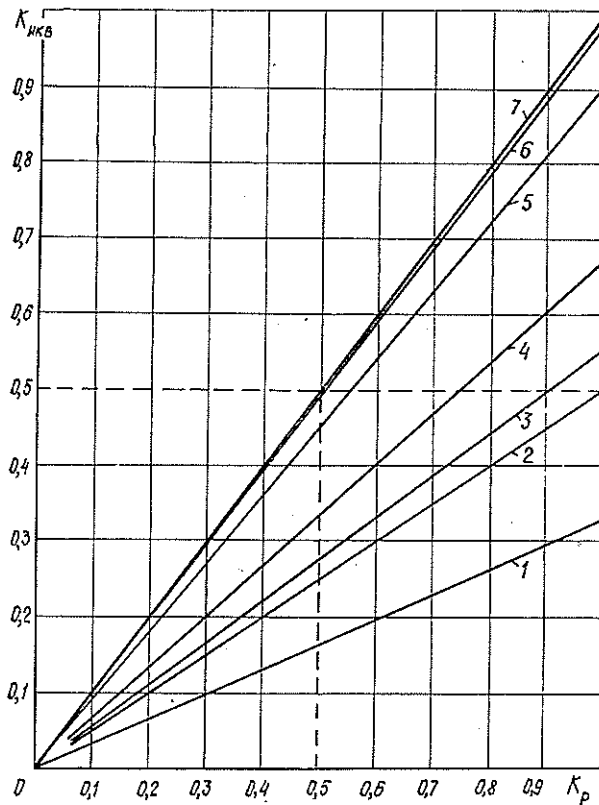


Рис. 3. Зависимость коэффициента использования времени календарного периода $K_{нкв}$ от K_p и K : 1 — $K = 0,33$ ($\varepsilon = 2,0$); 2 — $K = 0,5$ ($\varepsilon = 1,0$); 3 — $K = 0,56$ ($\varepsilon = 0,8$); 4 — $K = 0,67$ ($\varepsilon = 0,5$); 5 — $K = 0,91$ ($\varepsilon = 0,1$); 6 — $K = 0,99$ ($\varepsilon = 0,01$); 7 — $K = 1,0$ ($\varepsilon = 0$)

Проведем анализ зависимости $K_{\text{нкв}} = f(K_p, K)$. Для этого рассчитаем коэффициент $K_{\text{нкв}}$ для значений $n_0 = 0, 1, 2, \dots, 17$ и $\varepsilon = 0; 0,01; 0,1; 0,5; 0,8; 1,0; 2,0$. Результаты расчета представлены графиком (рис. 3).

Из него следует, что функция $K_{\text{нкв}} = f(K_p, K)$ — прямая линия, имеющая с осью K_p угол

$$\alpha = \arctg(K_{\text{нкв}}/K_p) = \arctg(1 + \varepsilon).$$

С увеличением угла α эффективность режима ТО повышается и достигает максимального значения при $\alpha = 45^\circ$, при этом $K = 1,0$. Это означает, что время календарного периода использовано полностью для выполнения трактором полезного объема работ Q_n . Рассмотренный случай невозможен при существующем регламентном режиме ТО трактора.

Известно [6], что наработка трактора в календарном периоде низшего уровня равна примерно 100 мото-ч. При периодичности ТО 60 мото-ч будет выполнено одно обслуживание в середине этого периода, что соответствует коэффициенту ритмичности 0,5. Таким образом, при регламентном режиме ТО значения $K_{\text{нкв}}$ и K_p не могут быть выше 0,5.

На рис. 3 зона значений $K_{\text{нкв}}$ и K_p для режима ТО по регламенту находится слева от вертикальной штриховой линии.

Для режима ТО по достижении календарных сроков коэффициент ритмичности K_p будет всегда равен 1, так как обслуживание трактора при этом режиме производится в начале или конце месяца. В случае, когда выполненные полезный и фиктивный объемы работ равны ($\varepsilon = 1,0$), $K_{\text{нкв}} = 0,5$. Такое состояние может наступить только по причине неудовлетворительной эксплуатации трактора. При удовлетворительной эксплуатации коэффициент $K_{\text{нкв}}$ будет колебаться в пределах 0,8...0,95.

Следовательно, выполнение целевой функции (1) может быть обеспечено при использовании для трелевочного трактора режима ТО по достижении календарных сроков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иофинов С. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка.— М.: Колос, 1974.— 480 с. [2]. Кавьяров И. С., Пеленков А. И. Некоторые результаты исследований периодичности технического обслуживания трактора ТТ-4 // Исследование конструкций тракторов и автомобилей и их использование в сельском хозяйстве: Тр. ЧИМЭСХ.— Челябинск, 1980.— Вып. 162.— С. 39—44. [3]. Михлин В. М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники.— М.: Колос, 1984.— 335 с. [4]. Пасечников Н. С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве.— М.: Колос, 1983.— 304 с. [5]. Пеленков А. И. Некоторые результаты исследований по обоснованию рациональной структуры ТО тракторов ТТ-4 // Ремонт промышленных и сельскохозяйственных тракторов с использованием новых методов и средств: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф.— Челябинск, 1981.— С. 334—337. [6]. Пеленков А. И. Исследование наработки трелевочного трактора класса 40 кН (4тс) // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 122—124.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 28 июня 1985 г. ⁶

УДК 621.86.06.001.24

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОПОГРУЗЧИКА БАШЕННОГО ТИПА В СЛУЧАЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ ГРЕЙФЕРА

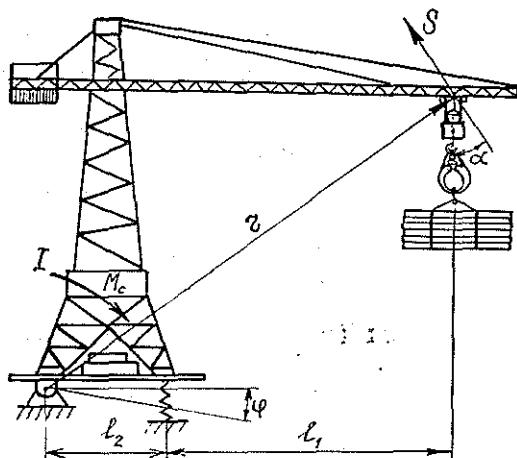
З. Д. ВТЮРИНА

Архангельский лесотехнический институт

Общезвестны обязательные при расчете всех стреловых и башенных кранов методика Госгортехнадзора СССР и методика расчета башенных кранов, разработанная ВНИИстройдормашем и вошедшая в ГОСТ 13984—75.

Однако эти методики, предназначенные для определения устойчивости кранов «при действии опасной комбинации нагрузок» (наиболее неблагоприятном сочетании их) «относительно ребра опрокидывания, при которой кран по устойчивости максимально приближается к предельному состоянию», не могут быть использованы для исследования динамических коэффициентов устойчивости крана в процессе выполнения им различных технологических операций с учетом возможности получения не только экстремальных, но и промежуточных значений динамических коэффициентов устойчивости.

Поэтому исследования динамических коэффициентов устойчивости лесопогрузчика башенного типа (крана) при различных вариантах освобождения от пачки круглых лесоматериалов проведены автором с использованием двух критериев оценки устойчивого состояния: предельного угла опрокидывания и соотношения удерживающих и опрокидывающих моментов, действующих на лесопогрузчик.



При определении предельного угла опрокидывания лесопогрузчика использована методика проф. М. С. Комарова [5].

Исследуем наиболее опасный случай разгрузки лесопогрузчика башенного типа, оснащенного грейфером, — внезапный обрыв груза (пачки бревен, подвешенной к грейферу, что равнозначно обрыву замыкающего грейфер каната, т. е. случай экстремальной разгрузки грейфера).

По аналогии с работой М. С. Комарова [5] представим лесопогрузчик в виде системы с двумя степенями свободы при жестко закреплённых стреле к остова лесопогрузчика (см. рисунок) и грейфера к стреле. Известно, что «при наличии подвешенной стрелы обрыв груза менее опасен для устойчивости кранов» [5].

Примем следующие обозначения:

- Q_0 — сила тяжести (вес) обрывающегося груза (пачки бревен);
- m_1^c — масса стрелы, статически приведенная к грузу (к конечной точке стрелы);
- m_1^d — масса стрелы с грейфером, динамически приведенная к конечной точке стрелы: $m_1^d = m_1^{cd} + m_r$, где m_1^{cd} — масса стрелы без грейфера, динамически приведенная к конечной точке стрелы; m_r — масса грейфера;
- c_1 — жесткость стрелы;
- c_2 — жесткость подкранового пути;
- S — координата конечной точки стрелы;
- φ — угловая координата остова лесопогрузчика;
- I — момент инерции лесопогрузчика относительно оси шарнирной опоры (без стрелы);
- M_c — статический момент устойчивости лесопогрузчика с грейфером (без груза);
- M_c^d — статический момент устойчивости лесопогрузчика без грейфера (без груза);
- M_c^r — дополнительный статический момент устойчивости лесопогрузчика от веса грейфера (без груза);
- l_1 — вылет крюка лесопогрузчика от упругой опоры;
- l_2 — расстояние между опорами лесопогрузчика;
- g — ускорение силы тяжести;
- r — расстояние от конечной точки стрелы до оси шарнирной опоры лесопогрузчика.

В качестве обобщенных координат выберем линейную координату S , определяющую положение точки подвеса стрелы, и угловую координату φ , фиксирующую положение остова лесопогрузчика относительно его опор. Влияние затухания колебаний учитывать не будем. Это допущение обосновывается в работах А. А. Зарецкого [4] и Д. П. Волкова [1].

Соответственно двум принятым обобщенным координатам составим два уравнения Лагранжа второго рода:

а) уравнение движения конечной точки стрелы лесопогрузчика после обрыва груза

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{S}} - \frac{\partial T}{\partial S} = Q_S; \quad (1)$$

б) уравнение движения (колебания) остова лесопогрузчика

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi, \quad (2)$$

где Q_S и Q_φ — обобщенные силы;

$$Q_S = - \frac{\partial \Pi}{\partial S}; \quad Q_\varphi = - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi};$$

T — кинетическая энергия стрелы (T_1) и лесопогрузчика (T_2), определяемая по формулам:

$$T_1 = \frac{m_1^d \dot{S}^2}{2}; \quad T_2 = \frac{I \dot{\varphi}^2}{2};$$

Π — потенциальная энергия стрелы (Π_1) и лесопогрузчика (Π_2) соответственно, равная:

$$\Pi_1 = \frac{(S - r\varphi)^2 c_1}{2} - m_1^c g S \cos \alpha - m_r g S \cos \alpha;$$

$$\Pi_2 = \frac{(L_2 \varphi)^2 c_2}{2} - M_c \varphi - r c_1 S \varphi + r^2 c_1 \frac{\varphi^2}{2} + m_1^c g (L_1 + L_2) \varphi + m_r g (L_1 + L_2) \varphi;$$

S и φ — обобщенные координаты;

\dot{S} и $\dot{\varphi}$ — соответствующие им обобщенные скорости.

Выполнив преобразования, получим два дифференциальных уравнения:

$$\ddot{S} + \frac{c_1 S}{m_1^a} = \frac{r c_1}{m_1^a} \varphi + \frac{m_1^c}{m_1^a} g \cos \alpha + \frac{m_r}{m_1^a} g \cos \alpha; \quad (3)$$

$$\ddot{\varphi} + \left(\frac{r^2 c_1}{I} + \frac{l_2^2 c_2}{I} \right) \varphi = \frac{r c_1}{I} S + \frac{M_c}{I} - \frac{m_1^c g}{I} (L_1 + L_2) - \frac{m_r g}{I} (L_1 + L_2).$$

Решая совместно эти уравнения, после замены $r \cos \alpha = l_1 + l_2$ имеем:

$$\frac{d^4 \varphi}{dt^4} + \left(\frac{l_2^2 c_2 + r^2 c_1}{I} + \frac{c_1}{m_1^a} \right) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{l_2^2 c_1 c_2}{I m_1^a} \varphi = \frac{M_c c_1}{I m_1^a}. \quad (4)$$

Уравнение (4) запишем в следующем виде:

$$\varphi^{IV} + 2n^2 \varphi^{II} + K^4 \varphi = C, \quad (5)$$

где

$$n^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{l_2^2 c_2 + r^2 c_1}{I} + \frac{c_1}{m_1^a + m_r} \right);$$

$$K^4 = \frac{l_2^2 c_1 c_2}{(m_1^c + m_r) I}; \quad C = \frac{M_c c_1}{I (m_1^c + m_r)}.$$

Пользуясь традиционными методами, решим уравнение (5) в виде:

$$\varphi = - \frac{Q_6 (L_1 + L_2)}{l_2^2 c_2 (K_1^2 - K_2^2)} (K_2^2 \cos K_1 t - K_1^2 \cos K_2 t) + \frac{M_c}{l_2^2 c_2}, \quad (6)$$

что аналогично решению в работе [5].

Так как K_1 значительно больше K_2 ($K_1 = 42,2 \text{ с}^{-1}$, $K_2 = 0,98 \text{ с}^{-1}$), то приближенно считая $K_1^2 - K_2^2 = K_1^2$ и $K_1^2 + K_2^2 = K_1^2$, находим:

$$\varphi_{max} = - \frac{Q_6 (L_1 + L_2)}{l_2^2 c_2} + \frac{M_c}{l_2^2 c_2}. \quad (7)$$

В критическом случае, когда давление правой опоры равно нулю, еще сохраняется устойчивость лесопогрузчика, т. е. $\varphi_{max} > 0$.

Из уравнения (7) в этом случае имеем

$$- \frac{Q_6 (L_1 + L_2) + M_c}{l_2^2 c_2} > 0,$$

откуда

$$- Q_6 (L_1 + L_2) + M_c > 0; \quad M_c > Q_6 (L_1 + L_2); \quad (8)$$

$$M_{д. опр}^{max} = Q_6 (L_1 + L_2). \quad (9)$$

Статический момент M_c определяется как разность удерживающего $M_{с. уд}$ и опрокидывающего $M_{с. опр}$ моментов, вычисленных относительно наружного ребра опрокидывания:

$$M_c = M_{c. уд} - M_{c. опр}.$$

Динамический удерживающий момент

$$M_{л. уд} = M_{c. уд} - (M_{c. опр} + M_{л. опр}^{max}),$$

где $M_{л. опр}^{max}$ — определяется по формуле (9).

Статический коэффициент устойчивости

$$K_c = \frac{M_{c. уд}}{M_{c. опр}}. \quad (10)$$

Динамический коэффициент устойчивости

$$K_d = \frac{M_{c. уд}}{M_{c. опр} + M_{л. опр}^{max}}. \quad (11)$$

Определим φ_{max} , K_c и K_d для трех случаев разгрузки крана-лесопогрузчика:

а) отрыва пачки бревен массой $m_6^{(1)}$, подвешенной к грейферу массой m_r (случай экстремальной разгрузки грейфера);

б) обрыва пачки бревен массой $m_6^{(2)} = m_6^{(1)}$, подвешенной на крюк лесопогрузчика в стропах;

в) обрыва пачки бревен массой $m_6^{(3)} = m_6^{(1)} + m_r$, подвешенной на крюк лесопогрузчика в стропах;

$$M_c^{(a)} = M_c^л + M_c^r; \quad M_c^{(б)} = M_c^л; \quad M_c^{(в)} = M_c^л.$$

Формула (7) для определения φ_{max} соответственно примет вид

$$\varphi_{max}^{(a)} \approx -\frac{Q_6^{(1)}(l_1 + l_2)}{l_2^2 c_2} + \frac{M_c^л + M_c^r}{l_2^2 c_2}; \quad (7a)$$

$$\varphi_{max}^{(б)} \approx -\frac{Q_6^{(2)}(l_1 + l_2)}{l_2^2 c_2} + \frac{M_c^л}{l_2^2 c_2}; \quad (7б)$$

$$\varphi_{max}^{(в)} \approx -\frac{Q_6^{(3)}(l_1 + l_2)}{l_2^2 c_2} + \frac{M_c^л}{l_2^2 c_2}; \quad (7в)$$

где $c_2 = 3,2 \cdot 10^4$ кН/м.

Опрокидывающий момент от силы тяжести (веса) элементов лесопогрузчика в каждом из трех случаев не зависит от вариантов разгрузки крюка:

$$M_{c. опр}^{(a)} = M_{c. опр}^{(б)} = M_{c. опр}^{(в)} = M_{c. опр}^л. \quad (12)$$

Удерживающий момент для рассматриваемых случаев выражается следующими зависимостями:

$$M_{c. уд}^{(a)} = M_{c. уд}^л + M_c^r; \quad M_{c. уд}^{(б)} = M_{c. уд}^л; \quad M_{c. уд}^{(в)} = M_{c. уд}^л. \quad (13)$$

С учетом этих зависимостей

$$K_c^{(a)} = \frac{M_{c. уд}^л + M_c^r}{M_{c. опр}^л}; \quad (10a)$$

$$K_c^{(б)} = K_c^{(в)} = \frac{M_{c. уд}^л}{M_{c. опр}^л}; \quad (10б)$$

$$K_d^{(a)} = \frac{M_{c. уд}^л + M_c^r}{M_{c. опр}^л + M_{л. опр}^{max(a)}}; \quad (11a)$$

$$K_d^{(6)} = \frac{M_{с. уд}^n}{M_{с. опр}^n + M_{д. опр}^{max(6)}}; \quad (116)$$

$$K_d^{(в)} = \frac{M_{с. уд}^n}{M_{с. опр}^n + M_{д. опр}^{max(в)}}. \quad (11в)$$

Влияние наличия грейфера на крюке лесопогрузчика на динамический коэффициент устойчивости выразим через соотношения

$$\lambda_1 = \frac{K_d^{(a)}}{K_d^{(6)}}; \quad \lambda_2 = \frac{K_d^{(a)}}{K_d^{(в)}}.$$

Примем $m_6^{(1)} = 3,4$ т ($Q_6^{(1)} = 33,3$ кН), $m_6^{(2)} = 3,4$ т ($Q_6^{(2)} = 33,3$ кН), $m_6^{(3)} = 5$ т ($Q_6^{(3)} = 49$ кН), $m_r = 1,6$ т.

Подставив в формулы (7), (8) и (9) соответствующие принятым буквенным обозначениям числовые значения (величины c_1 и c_2 приведены в [2, рис. 2]), вычислим величины φ , M_c , $M_{д. опр}^{max}$, K_c и K_d для трех вылетов крюка: 3,8; 15; 30 м.

Полученные числовые значения φ_{max} , M_c , $M_{д. опр}^{max}$, K_c и K_d , а также λ_1 и λ_2 помещены в таблице (в числителе — без учета ветровой нагрузки, в знаменателе — с ее учетом). При расчетах нормативная ветровая нагрузка принята для рабочего состояния 245 Н/м², для нерабочего — 686 Н/м².

Коэффициент устойчивости лесопогрузчика при отрыве пачки бревен

Вылет крюка лесопогрузчика, м	$\varphi_{max} \times 10^{-4}$, рад	M_c , кН · м	$M_{д. опр}^{max}$, кН · м	K_c	K_d	λ_1	λ_2
-------------------------------	--------------------------------------	----------------	-----------------------------	-------	-------	-------------	-------------

а) отрыв пачки бревен $m_6^{(1)} = 3,4$ т, подвешенной к грейферу

3,8	$\frac{13,2}{6,9}$	$\frac{1741,6}{1024,3}$	226,4	$\frac{2,52}{1,55}$	$\frac{2,10}{1,30}$	$\frac{1,04}{1,04}$	$\frac{1,12}{1,09}$
	$\frac{12,1}{6,0}$	$\frac{2006,2}{1288,8}$		599,6	$\frac{2,76}{1,69}$	$\frac{1,80}{1,28}$	$\frac{1,10}{1,10}$
15,0	$\frac{10,9}{4,6}$	$\frac{2360,4}{1643,1}$	1098,9	$\frac{3,07}{1,88}$	$\frac{1,56}{1,18}$	$\frac{1,17}{1,17}$	$\frac{1,44}{1,37}$

б) обрыв пачки бревен $m_6^{(2)} = 3,4$ т в стропях (без грейфера)

3,8	$\frac{12,4}{6,0}$	$\frac{1635,0}{917,7}$	226,4	$\frac{2,42}{1,49}$	$\frac{2,02}{1,33}$	—	—
	$\frac{9,8}{3,4}$	$\frac{1723,9}{1006,6}$		599,4	$\frac{2,52}{1,64}$	$\frac{1,64}{1,16}$	—
15,0	$\frac{6,3}{2,3}$	$\frac{1843,0}{1125,6}$	1098,9	$\frac{2,62}{1,60}$	$\frac{1,33}{1,01}$	—	—

в) обрыв пачки бревен $m_6^{(3)} = 5$ т в стропях (без грейфера)

3,8	$\frac{11,2}{5,2}$	$\frac{1635,0}{917,7}$	333,2	$\frac{2,42}{1,49}$	$\frac{1,88}{1,27}$	—	—
	$\frac{7,2}{1,2}$	$\frac{1723,9}{1006,6}$		882,0	$\frac{2,52}{1,54}$	$\frac{1,41}{1,05}$	—
15,0	$\frac{2,0}{-4,3}$	$\frac{1843,0}{1125,6}$	1617,0	$\frac{2,62}{1,60}$	$\frac{1,08}{0,86}$	—	—

Из таблицы видно, что при отрыве пачки бревен массой 3,4 т, подвешенной к грейферу, соблюдается условие устойчивости в соответствии с [3] при всех вылетах крюка лесопогрузчика.

В отличие от случая обрыва груза, подвешенного в стропах, отрыв груза от грейфера (например, при обрыве замыкающего грейфер каната) следует рассматривать как отрыв лишь части груза, находящегося на крюке, ибо при отрыве пачки массой 3,4 т на крюке еще остается грейфер массой 1,6 т, составляющей 47 % массы груза, или 32 % первоначальной массы на крюке. Это обстоятельство, учитываемое при расчете статического момента M_c и угла φ , обеспечивает больший коэффициент устойчивости, чем при обрыве груза этой же массы (3,4 т), подвешенной в стропном комплекте, т. е. без грейфера.

Наличие грейфера ($m_r = 1,6$ т) увеличивает коэффициент динамической устойчивости до 4...17 % при изменении вылета крюка от 3,8 до 30 м соответственно по сравнению с вариантом обрыва пачки бревен той же массы ($m_b = 3,4$ т), подвешенной непосредственно в стропах.

Обрыв пачки массой 5 т, подвешенной на крюк в стропах, или грейфера с пачкой бревен вызывает появление больших по величине динамических усилий. При наличии нормативной ветровой нагрузки обрыв пачки массой 5 т опасен при вылете 15 м и более. При вылете 30 м в любую погоду устойчивость лесопогрузчика не обеспечивается.

Из приведенного теоретического исследования различных вариантов освобождения груза с крюка лесопогрузчика следует, что даже в случае экстремальной разгрузки грейфера устойчивость лесопогрузчика не нарушается. Это обусловлено демпфирующим действием остающегося на крюке порожнего грейфера. Отсюда также следует, что при технологическом процессе выгрузки бревен такой же массы (3,4 т) из грейфера «на весу» (за определенный промежуток времени $t_b = 0,7 \dots 2,8$ с) влияние этого процесса на устойчивость лесопогрузчика еще меньше, чем в предыдущем случае (при $t_b \rightarrow 0$).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Волков Д. П. Динамические нагрузки в универсальных экскаваторах-кранах.— М.: Машгиз, 1958.— 268 с. [2]. Втюрина Э. Д., Шекалов Е. А. Расчет жесткости упругих элементов лесопогрузчика // Лесн. пром-сть.— 1980.— № 7.— С. 29. [3]. Госгортехнадзор СССР. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.— М.: Металлургия, 1970.— 191 с. [4]. Зарецкий А. А. Исследование колебаний башенных кранов с поворотной колонной при работе механизма подъема // Исследование башенных кранов: Тр. / ВНИИСтройдормаш.— М., 1963. [5]. Комаров М. С. Динамика грузоподъемных машин.— М.; К.: Машгиз, 1952.— 267 с.

Поступила 9 марта 1987 г.

УДК 625.576.4.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ВТОРИЧНОГО ИЗГИБА ОТ ПАРАМЕТРОВ СВИВКИ В НЕСУЩИХ КАНАТАХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

И. Н. БЕРЕГОВОЙ

Хмельницкий технологический институт

На подвесных лесотранспортных установках в качестве несущего органа применяют канаты двойной свивки, выносливость которых существенно зависит от напряжений вторичного изгиба, возникающих в элементах каната под колесом грузовой каретки в результате деформации поперечного сечения каната.

В данной работе исследована зависимость напряжений вторичного изгиба от параметров свивки каната в целях выработки практических рекомендаций по повышению его выносливости.

В работе [1] получено в общем виде выражение для определения деформаций элементов каната и внутренних усилий, возникающих в их сечениях от действия поперечной нагрузки. Изгибающий момент, возникающий в элементе каната, определяется по выражению [1]:

$$\begin{aligned} \frac{R^2 M}{EI} = & u_0 \frac{a-1}{2\mu} \left(\frac{1}{a} \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right) - \\ & - \omega_0 \frac{\mu^2 - a}{2\alpha\beta} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi + R\theta_0 \frac{b(1-a)}{2\mu} \left(\frac{1}{a} \operatorname{sh} \alpha \varphi \cos \beta \varphi - \right. \\ & - \left. \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right) + \frac{RQ_0}{EA} \cdot \frac{b}{\mu} (\alpha \operatorname{sh} \alpha \varphi \cos \beta \varphi + \beta \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi) + \\ & + \frac{RN_0}{EA} \left[\frac{(a+b)b}{\mu^2} (1 - \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi) - \frac{(a-b)(b+2)b^2}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right] + \\ & + \frac{R^2 M_0}{EI} \left[\frac{a+b}{\mu^2} + \frac{b(a-2)}{\mu^2} \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi + \frac{(a-1)(b+2)b}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right], \quad (1) \end{aligned}$$

где $a = 1 + \frac{kR^2}{EA}$; $b = \frac{ER^2}{I}$; $\mu^2 = 1 + \frac{kR^2}{EIA} (AR^2 + I)$;

- φ — угловая координата текущих сечений элемента;
- k — коэффициент постели каната или пряди;
- R — радиус оси элемента каната;
- E — модуль упругости материала проволоки;
- EI — изгибная жесткость каната;
- A — площадь поперечного сечения элемента;

$$\alpha = \sqrt{\frac{\mu-1}{2}}; \quad \beta = \sqrt{\frac{\mu+1}{2}};$$

u_0 ; ω_0 — касательная и радиальная составляющие перемещения элемента каната в сечении $\varphi = 0$;

θ_0 — угол поворота в сечении $\varphi = 0$;

N_0 ; Q_0 — нормальная и поперечная силы в сечении $\varphi = 0$;

M_0 — изгибающий момент в сечении $\varphi = 0$.

В работе [1] получена система уравнений для определения начальных параметров в предположении, что: смещение элемента каната происходит на полушаге свивки; сечение, проходящее через точку приложения поперечной нагрузки, принято за начало координат (рис. 1).

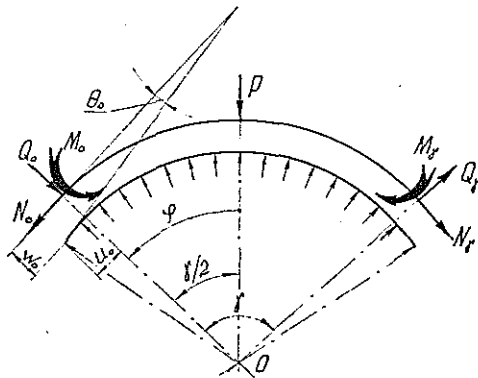


Рис. 1. Расчетная схема элемента несущего каната

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 l_1 + \frac{RN_0}{EA} n_1 + \frac{R^2 M_0}{EI} m_1 &= -\frac{RP}{2EA} f_1; \\ \omega_0 l_2 + \frac{RN_0}{EA} n_2 - \frac{R^2 M_0}{EI} m_2 &= -\frac{RP}{2EA} f_2; \\ \omega_0 l_3 + \frac{RN_0}{EA} n_3 + \frac{R^2 M_0}{EI} m_3 &= -\frac{RP}{2EA} f_3, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $l_1; l_2; l_3; n_1; n_2; n_3; m_1; m_2; m_3; f_1; f_2; f_3$ — коэффициенты, являющиеся функциями упругих характеристик и геометрических параметров элемента каната [1]:

$$l_1 = \frac{a-\mu}{2a\mu} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{a+\mu}{2\beta\mu} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$l_2 = \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$l_3 = \frac{a-\mu^2}{2\mu} \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$n_1 = \frac{(a+b)b}{\mu^2} \frac{\gamma}{2} + \frac{(2-\mu)(a+b)b + \mu^2(b+\mu)}{2a\mu^3} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \\ - \frac{(2+\mu)(a+b)b + \mu^2(b-\mu)}{2\beta\mu^3} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$n_2 = \frac{b(b+2)}{\mu^2} \left(\operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - 1 \right) + \frac{(a+b)(b+1)}{2a\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$n_3 = \frac{b(a+b)}{\mu} \frac{\gamma}{2} - \frac{(a+b)b(\mu-2) + b\mu^2(b+1)}{2a\mu^3} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \\ - \frac{(a+b)(\mu+b)b - b\mu^2(b+1)}{2\beta\mu^3} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$m_1 = \frac{a+b}{2\mu^2} \left(\gamma - \frac{\mu-2}{a\mu} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{2+\mu}{\mu\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$m_2 = \frac{b+2}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{(a+2)(b+1)}{2a\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$m_3 = \frac{a+b}{2\mu^2} \gamma - \frac{\mu^2 - (a-2)(\mu-2)}{2a\mu^3} b \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} + \\ + \frac{\mu^2 + (a-2)(\mu+2)}{2\beta\mu^3} b \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$f_1 = \frac{b}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) - \frac{a(b+1)}{2a\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$f_2 = \frac{1+b}{2\mu} \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$f_3 = \frac{b}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) + 2\alpha\beta \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2}.$$

Для получения значений перемещений и внутренних силовых факторов элемента несущего каната 25,5-ГЛ-В-Н-1568 ГОСТ 3077-80, при исходных данных, которые приведены в таблице, составлена программа на ЭЦВМ ЕС-1022 и проведен подсчет этих величин в зависимости от изменения углов свивки проволок в прядь $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ и прядей в канат $10^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$. На основании полученных расчетных данных построены графики зависимости изгибающего момента от углов свивки проволоки в прядь (рис. 2).

Параметр	Прядь	Проволока
A , мм ²	41,64	π
I , мм ⁴	150,3	0,25 π
P , Н	$3,6 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$
E , МПа	$1,6 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$
k , Н/мм ²	6 000	8 000
γ , рад	0,7	0,7

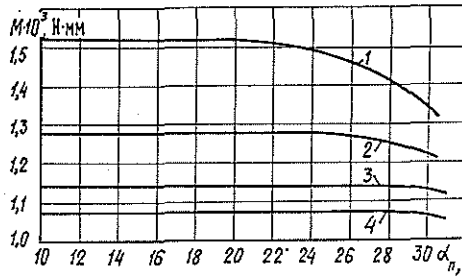


Рис. 2. График зависимости $M = f(\alpha_n)$ при $k \cdot 10^3$ Н/мм²: 1 — $k = 5$; 2 — $k = 10$; 3 — $k = 15$; 4 — $k = 20$

Из графиков зависимости $M = f(\alpha)$, при $5 \cdot 10^3 \leq k \leq 20 \cdot 10^3$, следует, что характер изменения изгибающего момента существенно зависит от значения коэффициента постели k , т. е. от степени обтяжки каната. Так, при коэффициенте постели $k = 5 \cdot 10^3$ Н/мм² изгибающий момент начинает уменьшаться при угле свивки проволоки в прядь $\alpha > 20^\circ$. Аналогичная картина наблюдается и при других значениях коэффициента постели k , но значение углов свивки, при которых изгибающий момент начинает уменьшаться, увеличивается и для $k = 10 \cdot 10^3$ Н/мм² составляет 24° . При $k > 10 \cdot 10^3$ Н/мм² изгибающий момент практически не изменяется даже при углах свивки более 30° .

Следовательно, с увеличением углов свивки проволоки в прядь, при постоянном коэффициенте постели, изгибающий момент до определенных значений углов свивки остается практически постоянным. Перейдя за эти значения углов свивки проволоки в прядь, изгибающий момент начинает уменьшаться, причем значение переходного угла свивки α_n , при котором начинается уменьшение изгибающего момента, зависит от коэффициента постели пряди.

Характер зависимости изменения переходного угла свивки от коэффициента постели пряди $\alpha_n = f(k)$ приведен на рис. 3. Из рисунка видно, что с увеличением коэффициента постели пряди k переходный угол

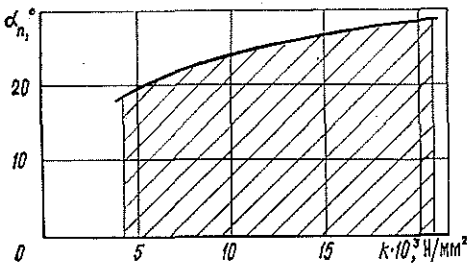


Рис. 3. Характер изменения переходного угла

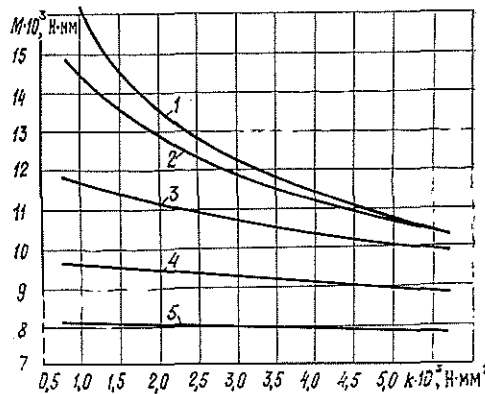


Рис. 4. График зависимости $M = f(k)$ при: 1 — $\beta_n = 10^\circ$; 2 — $\beta_n = 15^\circ$; 3 — $\beta_n = 20^\circ$; 4 — $\beta_n = 25^\circ$; 5 — $\beta_n = 30^\circ$

свивки α_n также увеличивается. Соответствующему переходному углу свивки, при определенных значениях k , отвечает точка, с которой начинается уменьшение изгибающего момента (рис. 2). Это говорит о том, что изгибающий момент, а значит, и напряжения вторичного изгиба, в заштрихованной зоне графика (рис. 3) будут постоянными. Следовательно, изменение параметров свивки проволок в прядь и коэффициента постели пряди в пределах заштрихованной зоны не влияет на напряжения вторичного изгиба в проволоках несущего каната. Если точка с параметрами α и k будет находиться выше заштрихованной зоны, то напряжения вторичного изгиба в проволоках каната будут меньше, чем в этой зоне.

Прядь или проволока каната подвергаются действию сосредоточенной силы P , приложенной посередине пролета, т. е. на полушаге свивки. Принимая с некоторым допущением, что поперечное давление колеса каретки V на канат является сосредоточенной силой, получим одинаковую расчетную схему для проволоки и пряди, т. е. прядь можно рассматривать (рис. 1) как элемент каната с соответствующими углами свивки и коэффициентом постели каната.

Характер изменения изгибающего момента в пряди в зависимости от изменения углов свивки пряди в канат и коэффициента постели каната аналогичен случаю, рассмотренному выше, но переходный угол свивки $\beta_n = 12 \dots 15^\circ$, а при $\beta_n = 29 \dots 30^\circ$ коэффициент постели каната практически не влияет на изменение изгибающего момента. На рис. 4 представлены графики зависимости изгибающих моментов в зависимости от коэффициента постели каната $M = f(k)$ при различных значениях углов свивки пряди в канат. Из рисунка видно, что с увеличением углов свивки прядей в канат уменьшается влияние степени обтяжки каната, т. е. коэффициента постели, на напряжения вторичного изгиба.

На основании проведенных исследований можно сделать выводы.

1. С увеличением коэффициента постели уменьшаются напряжения вторичного изгиба в несущих канатах: для пряди, при $5 \cdot 10^3 \leq k \leq 20 \cdot 10^3$ Н/мм², снижение составляет 42,2 %, а для каната, при $1 \cdot 10^3 \leq k \leq 6 \cdot 10^3$ Н/мм² — 22,3 %. Этим, очевидно, можно объяснить повышение долговечности предварительно обтянутых несущих канатов.

2. Увеличение углов свивки проволоки в прядь и особенно прядей в канат приводит к уменьшению напряжений вторичного изгиба. Так, при углах свивки $20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ напряжения вторичного изгиба в проволоке пряди снижаются всего на 4,5 %, а при угле свивки пряди в канат $20^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ — на 90 %. Поэтому для подвесных канатных установок в качестве несущих можно рекомендовать канаты с укороченным шагом свивки прядей в канат.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Слепко И. И., Береговой И. Н. Определение деформаций элементов несущего каната, вызванных поперечным давлением // Лесн. журн. — 1972. — № 6. — С. 93—99. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 июня 1986 г.

УДК 630*383.7.001

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОЛОКОВ И ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В ГОРАХ

А. Н. ПИКУШОВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Для повышения уровня эксплуатации горных лесов густоту транспортной сети необходимо увеличить в 3 раза и довести протяженность горных лесовозных дорог не менее чем до 15 м на 1 га. В связи с этим следует выполнить очень большие объемы земляных работ, что требует применения более совершенных машин и технологических процессов.

Условия работы землеройных машин в горах специфичны. Разрабатываются прочные и неоднородные по составу грунты на крутых склонах, в основном в полувыемках. Грунт перемещается в полунасыпи или в отвал, т. е. поперек направления трассы, тогда как для обеспечения минимальной минерализации почвы на склонах машины должны двигаться вдоль трассы.

В Кавказском филиале ЦНИИМЭ получены математические модели показателей производительности машин и энергоемкости технологических процессов: рыхления, разработки и перемещения грунта при подготовке трелевочных волоков, пионерных полок и полотна лесовозных дорог на склонах гор. Установлены зависимости энергоемкости процессов и производительности машин от условий работы, принципиальной схемы и параметров машин.

Затраты энергии на рыхление 1 м³ грунта тракторным рыхлителем при челночном движении

$$a_{\text{ч}} = \frac{1,43}{b_p n_p} \left\{ Q_p n_z (1 + \delta + q f_2 + q f_2 \delta) + G_m f_2 \left(2 + \delta - \frac{b_p}{B} \right) + V_v f_n [\gamma_{\text{гр}} + K_{\text{вкл}} (\gamma_{\text{вкл}} - \gamma_{\text{гр}})] \right\}, \quad (1)$$

где b_p — ширина полосы рыхления за один проход;
 h_p — глубина рыхления;
 Q_p — сопротивление рыхлению одним зубом;
 n_z — число одновременно работающих зубьев;
 δ и f_2 — коэффициенты буксования и сопротивления перемещению машины;
 q — отношение вертикальной реакции грунта на зуб к горизонтальной;
 G_m — нагрузка от массы машины;
 B — ширина участка рыхления;
 V_v — объем призмы волочения перед зубьями;
 f_n — коэффициент трения призмы о поверхность;
 $\gamma_{\text{гр}}$ и $\gamma_{\text{вкл}}$ — нагрузка, создаваемая 1 м³ грунта и включений;
 $K_{\text{вкл}}$ — удельное содержание включений в призме.

Анализ уравнения (1) показывает основные направления совершенствования технологического процесса и машин для рыхления прочного грунта при подготовке лесотранспортных путей в горах: уменьшение объема призмы волочения, валунов и скальных обломков перед зубьями рыхлителя (V_v); повышение напорного усилия на заглубляе-

мых зубьях, увеличение числа одновременно работающих зубьев (n_3) и ширины полосы рыхления за один проход (b_p). Обоснованы следующие пути реализации этих направлений.

1. Приведение параметров рабочего оборудования рыхлителей в соответствие с условиями их применения: увеличение вылета зубьев и просвета под поперечной балкой; установка рамы рыхлителя в рабочем положении под углом к опорной поверхности. Это способствует выходу из-под рамы рыхлителя валунов, скальных обломков и других включений, что уменьшает объем призмы волочения.

2. Изменение параметров рыхлителя в связи с изменчивостью характеристик грунтов вдоль трассы. Это достигается изменением положения верхней точки крепления гидроцилиндра подъема и опускания рабочего органа рыхлителя [2]. При переходе на более прочные грунты уменьшается максимальная глубина рыхления и соответственно увеличивается угол рыхления.

3. Изменение принципиальной схемы рыхлителя — удаление поперечной балки и установка зубьев на отдельных продольных рамах с гидроприводом подъема и опускания каждого зуба рыхлителя [4, 7]. Такая схема позволяет обеспечить свободный выход из-под рам разрыхляемого грунта и выворачиваемых включений и свести к минимуму призму волочения, устранить тяжелый ручной труд по изменению числа работающих зубьев в зависимости от условий работы рыхлителя, повысить напорное усилие на зубьях путем их последовательного заглубления и увеличить число одновременно работающих зубьев.

4. Применение технологического процесса рыхления грунта при последовательном заглублении зубьев позволяет полнее использовать тяговые возможности базового трактора, так как исключаются ограничения по условиям заглубления зубьев (рис. 1), увеличить ширину полосы рыхления за один проход и повысить производительность рыхлителя в 1,5—2,0 раза на грунтах, разрыхляемых двумя и тремя зубьями. Снижаются также удельные затраты энергии на 11...13 % (рис. 1), так как уменьшается число проходов и затраты энергии на перемещение самой машины.

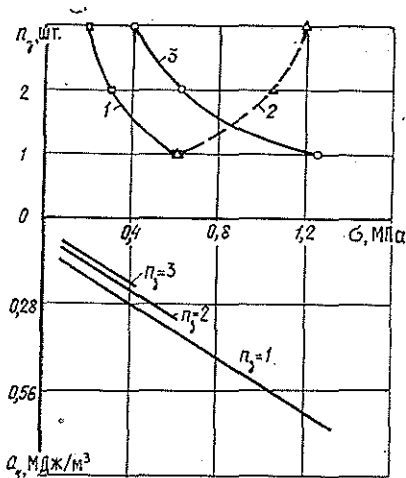


Рис. 1. Влияние числа одновременно работающих зубьев (n_3) на энергоемкость технологического процесса рыхления (a) и прочность грунта, который может быть разрыхлен рыхлителем (σ): 1 — по условиям одновременного заглубления зубьев; 2 — по условиям последовательного заглубления зубьев; 3 — по тяговым возможностям базового трактора (длина участка рыхления 50 м, ширина — 10 м)

Математическая модель технологического процесса разработки и перемещения грунта поперек направления трассы, позволяющая определить энергоемкость процессов устройства полувыемки на склоне и производительность машины, в наиболее общей форме имеет вид:

$$\begin{aligned}
 f_{\text{стр}} &= [P_{\text{к}} - G_{\text{м}}(f_2 \cos \psi + \sin \psi) - q_{\text{в}} V_{\text{п}} \gamma_{\text{гр}} (\sin \psi \sin \beta + \\
 &+ \mu \sin \beta \cos \psi + \mu \mu_1 \cos \Theta \cos \varphi \cos \psi + \mu_1 \cos^2 \alpha \sin \beta)] / K_f \sin \Theta; \\
 n_{\text{рез}} &= \frac{V}{(V_{\text{п}}/K_{\text{р}}) + f_{\text{стр}} [L_0 - 2V_{\text{п}}/K_{\text{р}} (f_{\text{м}} + f_{\text{стр}})]}; \quad L_0 = H/\sin \psi; \\
 n_{\text{пер}} &= \frac{VK_{\text{р}}}{f_{\text{пр}}} \left\{ \frac{L_{\text{гр}}}{(L_0 - l_{\text{н}}) l_{\text{к}}} - \frac{f_{\text{стр}} + [V_{\text{п}}(1 - q_{\text{в}})/K_{\text{р}}(L_0 - l_{\text{н}})]}{V_{\text{п}}/K_{\text{р}} + f_{\text{стр}}(L_0 - l_{\text{н}})} \right\}; \\
 l_{\text{н}} &= 2V_{\text{п}}/K_{\text{р}} (f_{\text{м}} + f_{\text{стр}}); \quad l_{\text{к}} = (H_0 + L_0 \sin \Theta)/2; \\
 L_{\text{п}} &= L_0 + \Delta L; \quad \Delta L = L_0 (\sin \Theta \operatorname{tg} \beta + \cos \Theta)/2; \quad \beta = \Theta + \varphi; \\
 T_{\text{к}} &= (L_0 n_{\text{рез}} + L_{\text{п}} n_{\text{пер}}) \left(\frac{1}{v_{\text{р}}} + \frac{1}{v_{\text{х}}} \right) + 2(n_{\text{рез}} + n_{\text{пер}}) t_{\text{н}}; \\
 A_{\text{н}} &= A_{\text{рез}} + A_{\text{пер}} + A_{\text{мн}} + A_{\text{мх}}; \quad A_{\text{рез}} = [P_{\text{к}} - \\
 &\quad - G_{\text{м}}(f_2 \cos \psi + \sin \psi)] L_0 n_{\text{рез}}; \\
 A_{\text{пер}} &= [H_0^2 L_0 \gamma_{\text{гр}} (\sin \psi \sin \beta + \mu \sin \beta \cos \psi + \mu \mu_1 \cos \Theta \cos \varphi \cos \psi) \times \\
 &\quad \times (L_0 + \Delta L/2) n_{\text{пер}}] / 2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{отк}}; \\
 A_{\text{мн}} &= G_{\text{м}} (\sin \psi + f_2 \cos \psi) (L_0 n_{\text{рез}} + L_{\text{п}} n_{\text{пер}}); \\
 A_{\text{мх}} &= G_{\text{м}} f_2 \cos \psi (L_0 n_{\text{рез}} + L_{\text{п}} n_{\text{пер}}),
 \end{aligned} \tag{2}$$

- где
- $f_{\text{стр}}$ — сечение вырезаемой стружки;
 - $P_{\text{к}}$ — касательная сила, развиваемая двигателем;
 - ψ — угол подъема, на котором ведется разработка грунта;
 - $q_{\text{в}}$ — отношение объема призмы волочения при работе интенсификатора к максимальному объему призмы ($V_{\text{п}}$);
 - μ и μ_1 — коэффициенты трения грунта о грунт и об отвал;
 - Θ — угол остановки отвала в плане;
 - φ — угол трения грунта об отвал;
 - β — угол отклонения траектории грунта от нормали к направлению движения ($\beta = \Theta + \varphi$);
 - α — угол резания;
 - K_f — удельное сопротивление резания и деформации грунта;
 - $n_{\text{рез}}$ — число проходов для отделения всего грунта объемом V в пределах полувыемки;
 - $K_{\text{р}}$ — коэффициент разрыхления грунта;
 - L_0 — длина хода машины вдоль полувыемки;
 - $f_{\text{м}}$ — максимальное сечение стружки при $V_{\text{п}} = 0$;
 - H — высота выемочного откоса;
 - $n_{\text{пер}}$ — число дополнительных проходов для перемещения грунта поперек направления трассы на расстояние $L_{\text{гр}}$;
 - $f_{\text{пр}}$ — поперечное сечение грунта, сходящего с отвала;
 - $l_{\text{н}}$ — длина пути машины при наборе призмы грунта;
 - $l_{\text{к}}$ — перемещение грунта поперек направления трассы за один проход;
 - H_0 и L_0 — высота и длина отвала;
 - $L_{\text{п}}$ — длина пути машины, необходимая для полного смещения в сторону всего отрезанного грунта;

- ΔL — дополнительная длина пути машины для полного смещения грунта с отвала;
- T_k — затраты времени на устройство полувыемки;
- v_p и v_x — скорость рабочего и холостого хода машины;
- t_n — время разворота машины;
- A_k — общие затраты энергии на устройство полувыемки;
- $A_{рез}$ — затраты энергии непосредственно на отделение грунта от массива и одновременное его перемещение в сторону;
- $A_{пер}$ — затраты энергии на перемещение отделенного от массива грунта;
- $A_{мп}$ и $A_{мх}$ — затраты энергии на перемещения машины при рабочих и холостых проходах;
- $\varphi_{отк}$ — угол откоса грунта, находящегося в призме волочения.

Анализ этой модели показывает, что основными направлениями совершенствования технологических процессов и машин для устройства трелевочных волоков, пионерных полок и полотна лесовозных дорог на склонах гор являются: увеличение сечения вырезаемой стружки ($f_{стр}$) и перемещения грунта поперек направления трассы за один проход (l_k). Обоснованы следующие пути реализации этих направлений.

1. Перемещение грунта конвейером, установленным за отвалом, вместо волочения призмы грунта перед ним [1]. Это позволяет в 1,1—1,6 раза повысить производительность машины и на 31...42% снизить удельные затраты энергии по сравнению с работой бульдозера с прямым отвалом по обычной технологии.

2. Подготовка полотна горной лесовозной дороги без холостых проходов машины путем изменения на ходу положения отвала в плане. При этом время затрачивается только на рабочие проходы и развороты машины. Производительность машины повышается в 1,6—1,8 раза, удельные затраты энергии снижаются на 7...8% по сравнению с работой косоустановленным отвалом, отваливающим грунт в нужном направлении только при одном направлении хода машины.

3. Разработка и перемещение грунта, при которых отделяемый от массива грунт удаляется за пределы отвала при помощи интенсификатора, а дополнительная энергия подводится непосредственно к грунту, минуя движитель базового трактора. Анализ модели (2) показывает, что удаление грунта приводит к существенному увеличению сечения стружки. С увеличением угла подъема ψ и уменьшением отношения q_v интенсивность увеличения сечения стружки возрастает. Это приводит к сокращению общего числа проходов. Удаление грунта только за пределы отвала позволяет снизить общее число проходов машины в 1,2—2,0 раза — при удалении 25% отделяемого от массива грунта ($q_v = 0,75$)

и в 1,7—4,0 раза при удалении 75% грунта (рис. 2). Обеспечение удаления грунта сразу на необходимое расстояние $L_{гр}$ позволяет уменьшить число проходов в 2,0—3,1 ра-

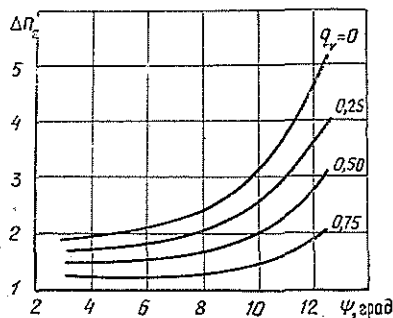
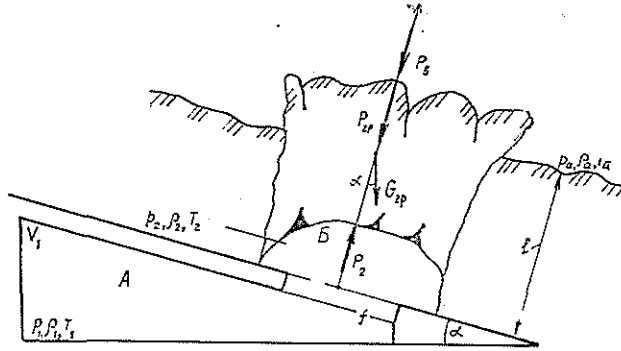


Рис. 2. Снижение общего числа проходов машины (ΔN_y), необходимых для устройства полувыемки на склоне шириной 3,2 м, при применении интенсивного технологического процесса с удалением грунта за пределы отвала

Рис. 3. Расчетная схема процесса выброса грунта сжатым газом



за при удалении 25 % грунта и в 3,0—6,8 раза при удалении 75 % грунта. Для условий горных лесозаготовок, где разрабатываются неоднородные по составу, переувлажненные, вязкие грунты с различными включениями, наиболее приемлем газоимпульсный способ [5], позволяющий подводить энергию непосредственно к грунту в виде энергии расширяющегося под грунтом газа (рис. 3). Математическая модель процесса взаимодействия сжатого газа с грунтом при импульсном освобождении энергии имеет вид

$$\left. \begin{aligned} V_1 \frac{dp_1}{dt} &= -Q; & F \frac{d(xp_2)}{dt} &= Q; & V_1 c_V \frac{d(\rho_1 T_1)}{dt} &= Q c_p T_1; \\ \dot{F} c_V \frac{d(x\rho_2 T_2)}{dt} + A p_2 F \frac{dx}{dt} &= Q c_p T_1; \\ m_{гр} \frac{d^2 x}{dt^2} &= F(p_2 - p_a) - \frac{S_{гр}(l-x)}{l} C - G_{гр} \cos \alpha. \end{aligned} \right\} (3)$$

В этих уравнениях:

$$\begin{aligned} p_2 &= \rho_2 R T_2; \\ p_a &= p_a \left\{ \frac{2k}{k+1} \left[\frac{(k+1) v_{гр}}{4a_a} + \frac{1}{2} \sqrt{4 + \left(\frac{k+1}{2a_a} v_{гр} \right)^2} \right]^2 - \frac{k-1}{k+1} \right\}; \\ Q &= A_1 \rho_1 T_1; \\ A_1 &= C_Q \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} f \sqrt{\frac{2k}{k+1} R}, \end{aligned}$$

где

- V_1 — объем газовой камеры;
- $p_1, \rho_1, T_1; p_2, \rho_2, T_2; p_a; \rho_a, T_a$ — давление, плотность и температура газа в газовой камере, в полости под грунтом и в окружающей воздушной среде;
- Q — расход газа;
- $m_{гр}, G_{гр}, S_{гр}, F$ и C — масса, сила тяжести, поверхность сдвига, площадь поперечного сечения и сцепление сдвигаемого грунта;
- x — перемещение грунта в сторону свободной поверхности;
- c_p и c_V — удельная теплоемкость газа при постоянном давлении и объеме;

- A — тепловой эквивалент механической работы;
 p_v — давление в окружающей воздушной среде, возмущенной выбрасываемым грунтом;
 l — глубина копания;
 R — газовая постоянная;
 k — показатель адиабаты расширения газа;
 a_a — скорость звука в воздухе;
 A_1 — коэффициент в формуле расхода газа $Q = A_1 p_1 \times \sqrt{T_1}$;
 C_Q — коэффициент расхода газа при истечении через отверстие;
 f — проходное сечение выпускного механизма.

Эта модель позволяет получить полную картину взаимодействия газа с грунтом — изменение по времени значений давления газа в камере и под грунтом, скорости перемещения и дальности выброса грунта, а следовательно, определить параметры газоимпульсного интенсификатора: объем газовой камеры, начальное давление газа в ней, проходное сечение выпускного механизма и степень расширения газа, при которых КПД устройства максимален [6]. Экспериментальным исследованием, проведенным на специально созданной установке [3], подтверждена правомерность математической модели и возможность непрерывного резания грунта с выбросом его газовыми импульсами за пределы отвала. Поэтому основным, перспективным направлением создания принципиально новых машин, многократно повышающих производительность на подготовке лесотранспортных путей в горах, является интенсификация процессов путем воздействия на грунт газовыми импульсами для отделения от массива и удаления грунта за пределы отвала на необходимое расстояние.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 284716 СССР, Класс 84 d, 3/66, МПК Е 02 f 3/66. Бульдозер / А. Н. Пикушов, М. А. Думановский, А. И. Шаповалов, Р. А. Григорьяни, А. К. Воловик (СССР).— № 1356370/29—14; Заявлено 09.08.69 // Открытия. Изобретения.— 1970.— № 32.— С. 198—199. [2]. А. с. 293962 СССР, Е 02 f 5/30. Устройство для рыхления мерзлого грунта / А. Н. Пикушов, А. И. Шаповалов, А. П. Ливанов (СССР).— № 1356369/29—14; Заявлено 09.08.69 // Открытия. Изобретения.— 1971.— № 6.— С. 101. [3]. А. с. 524881 СССР, МКИ² Е 02 F 3/76; Е 02 F 5/30; Е 02 F 3/62. Устройство для разрушения грунта продуктами детонации / Л. А. Резник, Д. А. Гуревич, В. П. Кузнецов, А. Н. Пикушов (СССР).— № 2129447/22—3; Заявлено 29.04.75 // Открытия. Изобретения.— 1976.— № 30.— С. 79. [4]. А. с. 696111 СССР, МКИ² Е 02 F 5/30. Рыхлитель / А. И. Шаповалов, А. Н. Пикушов, В. Г. Сухов (СССР).— № 2618405/29—03; Заявлено 23.05.78 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 41.— С. 118. [5]. Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия.— М.: Машиностроение, 1981.— 223 с. [6]. Пикушов А. Н. Влияние параметров газоимпульсного устройства на эффективность выброса грунта нарушенной структуры / Ред. журн. «Строительные и дорожные машины».— М., 1983.— 9 с., ил.— Деп. в ЦНИИТЭстроймаше 10.10.83, № 96 сд—Д83. [7]. СПО 10025 СССР, МКПО 15—04. Рыхлительное устройство / О. А. Андреев, А. И. Шаповалов, А. Н. Пикушов, А. А. Черняга, В. Я. Голубев, В. И. Жестовский (СССР).— Заявка № 18611; Приоритет 13.12.78 // Открытия. Изобретения.— 1980.— № 40.— С. 325.

Поступила 15 октября 1986 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.79

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИКЛЕИВАНИЯ
ПРИ ОБЛИЦОВЫВАНИИ КРОМОК МЕБЕЛЬНЫХ ЩИТОВ
С ПОМОЩЬЮ КЛЕЕВ-РАСПЛАВОВ

В. В. АМАЛИЦКИЙ

Московский технологический институт

Процесс приклеивания на кромкооблицовочном оборудовании состоит из последовательного формирования адгезионного соединения клея-расплава с материалом заготовки, адгезионного соединения клея-расплава с облицовочным материалом в зоне прикатки, когезионной прочности клеевого шва при остывании.

Определяющая характеристика процесса — температура клея-расплава в момент прижима облицовочного материала $T_{скл}$. Максимальная прочность приклеивания достигается при $T_{скл} = 120 \dots 135$ °С. Возможности оборудования для создания необходимой $T_{скл}$ ограничены.

Наши эксперименты показали, что стабильность процесса можно обеспечить предварительным подогревом и подсушиванием кромки щита перед нанесением клея-расплава за счет контакта поверхности кромки с нагревательным элементом. Для хорошего качества приклеивания необходимо также, чтобы к концу зоны прикатки температура клея-расплава уже не превосходила температуры его размягчения, равной 80 °С.

Задача сводится к определению температуры нагревательного элемента, при которой температура клея-расплава в момент прижима облицовочного материала равна 120 °С и не выше 80 °С в конце зоны прикатки. Для решения поставленной задачи разработана тепловая модель процесса приклеивания кромок.

Приклеивание кромок осуществляется на высокой скорости подачи $S = 15 \dots 40$ м/мин. Каждое поперечное сечение кромки подвергается воздействию следующих факторов процесса, которые можно считать установившимися: температуры окружающего воздуха T_f , температуры клея-расплава на поверхности клеевого ролика и т. д. Это позволяет рассматривать задачу переноса тепла как одномерную

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} \gg \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{x=0}; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} \gg \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{x=0}, \quad (1)$$

т. е. градиент температуры направлен перпендикулярно к поверхности кромки, и переносом тепла вдоль осей z и y можно пренебречь; перенос тепла осуществляется вдоль оси x с началом координат на поверхности кромки и положительным направлением вглубь материала. Задача сводится к определению зависимостей температуры T от координаты x и времени τ

$$T = f(x, \tau). \quad (2)$$

Рассмотрим последовательно тепловые процессы на этапах приклеивания кромок.

1. *Предварительный подогрев.* Установившаяся температура нагревательного элемента — T_w . Начальная температура материала щита —

$T(x, 0) = T_0$. Температурное поле в материале щита на данном этапе описывают уравнением

$$C_{\text{щ}}(T) \rho_{\text{щ}}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{\text{щ}}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial \lambda_{\text{щ}}(T)}{\partial x} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (3)$$

где $C_{\text{щ}}(T)$, $\rho_{\text{щ}}(T)$ и $\lambda_{\text{щ}}(T)$ — соответственно удельная массовая теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности материала щита — функции температуры.

Начальные и граничные условия

$$\tau = 0 \Rightarrow T(x, 0) = T_0 = \text{const}; \quad (4)$$

$$x = 0 \Rightarrow T(0, \tau) = T_{\text{в}} = \text{const}. \quad (5)$$

Это значит, что поверхность кромки щита при контакте с нагревательным элементом сразу приобретает температуру $T_{\text{в}}$ и не меняет ее на протяжении времени контакта с нагревательным элементом;

$$x = \infty \Rightarrow T(\infty, \tau) = T_0 = \text{const}, \quad (6)$$

т. е. за краткое время протекания процесса удаленные от поверхности кромки слои материала щита не успевают прогреться.

Длительность данного этапа τ_1 определяется отношением длины нагревательного элемента $l_{\text{н.э}}$ к скорости подачи

$$\tau_1 = \frac{l_{\text{н.э}}}{S}. \quad (7)$$

2. *Охлаждение кромки (переходный процесс)*. Воздух движется вдоль кромки со скоростью $W_f = S$. Плотность конвективного теплового потока q_{α} выражают через поверхность кромки щита

$$q_{\alpha} = \alpha [T_f - T(0, \tau)], \quad (8)$$

где α — коэффициент теплообмена.

Плотность теплового потока излучения

$$q_R = \sigma_{\text{щ}} [T_f^4 - T^4(0, \tau)]. \quad (9)$$

Здесь $\sigma_{\text{щ}}$ — коэффициент излучения материала щита.

Температурное поле в материале щита описывают уравнением (3). Начальные и граничные условия

$$\tau = \tau_1 \Rightarrow T(x, \tau) = T(x, \tau_1); \quad (10)$$

$$x = 0 \Rightarrow \lambda_{\text{щ}}(T) \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} = \alpha [T_f - T(0, \tau)] + \sigma_{\text{щ}} [T_f^4 - T^4(0, \tau)]. \quad (11)$$

Следовательно, плотность теплового потока, приходящего к поверхности кромки за счет теплопроводности, равна сумме плотностей конвективного и лучистого потоков с поверхности кромки в окружающую среду;

$$x = \infty \Rightarrow T(\infty, \tau) = T_0 = \text{const}. \quad (12)$$

Длительность этапа $\tau_{\text{II}} - \tau_1$ определяется отношением расстояния от нагревательного элемента до клеенаносящего ролика $l_{\text{ок}}$ к S

$$\tau_{\text{II}} - \tau_1 = \frac{l_{\text{ок}}}{S}. \quad (13)$$

3. *Нанесение и охлаждение клея.* На кромку щита наносят слой клея-расплава толщиной δ при температуре T_k . Тепло из клеевого слоя отводится в материал щита и в окружающую среду в результате конвекции и излучения. Плотности соответствующих тепловых потоков задаются как (8) и

$$q_R = \sigma_{кл} [T_f^4 - T^4(0, \tau)], \quad (14)$$

где $\sigma_{кл}$ — коэффициент излучения клея.

Начало координат по оси x переносят на поверхность клеевого слоя. Соотношение между новой x' и старой x координатами

$$x' = x + \delta. \quad (15)$$

Температурное поле в клеевом слое

$$C_{кл}(T) \rho_{кл}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{кл}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x'^2} + \frac{\partial \lambda_{кл}(T)}{\partial x'} \frac{\partial T}{\partial x'}. \quad (16)$$

Здесь $C_{кл}(T)$, $\rho_{кл}(T)$ и $\lambda_{кл}(T)$ — соответственно удельная массовая теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности клея — функции T .

Температурное поле в материале щита

$$C_{щ}(T) \rho_{щ}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{щ}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x'^2} + \frac{\partial \lambda_{щ}(T)}{\partial x'} \frac{\partial T}{\partial x'}. \quad (17)$$

Начальные и граничные условия на данном этапе

$$\tau = \tau_{II} \Rightarrow \begin{cases} T(x', \tau_{II}) = T_k = \text{const}; \\ 0 \leq x' \leq \delta, \end{cases} \quad (18)$$

т. е. температура в клеевом слое в момент нанесения распределена равномерно по глубине слоя;

$$x' = 0 \Rightarrow \lambda_{кл}(T) \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x'} = \alpha [T_f - T(0, \tau)] + \sigma_{кл} [T_f^4 - T^4(0, \tau)]; \quad (19)$$

$$\lambda_{кл}(T) \frac{\partial T}{\partial x'} \Big|_{x'=\delta-} = \lambda_{щ}(T) \frac{\partial T}{\partial x'} \Big|_{x'=\delta+}. \quad (20)$$

Значит, на границе клей — щит принимается идеальный тепловой контакт;

$$x' = \infty \Rightarrow T(\infty, \tau) = T_0 = \text{const}. \quad (21)$$

Длительность этапа $\tau_{III} - \tau_{II}$ определяют отношением расстояния $l_{ок.к}$ от клеенаносящего ролика до зоны прикатки к S

$$\tau_{III} - \tau_{II} = \frac{l_{ок.к}}{S}. \quad (22)$$

4. *Прижим облицовочного материала и дальнейшее охлаждение клея.* К кромке щита с нанесенным клеем прижимают облицовочный материал толщиной Δ , имеющий температуру $T_{об}$.

Тепло из клеевого слоя отводится в материал щита, в облицовочный материал, а с его поверхности — в окружающую среду за счет конвективного теплового потока, плотность которого определяется как (8). Поскольку разность между $T_{об}$ и T_f невелика, действием излучения можно пренебречь. Начало координат переносят на поверхность облицовочного материала. Соотношение между новой x'' и старыми координатами

$$x'' = x' + \Delta = x + \delta + \Delta. \quad (23)$$

Температурное поле в облицовочном материале

$$C_{об}(T) \rho_{об}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{об}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x''^2} + \frac{\partial \lambda_{об}(T)}{\partial x''} \frac{\partial T}{\partial x''}, \quad (24)$$

где $C_{об}(T)$, $\rho_{об}(T)$, $\lambda_{об}(T)$ — соответственно удельная массовая теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности облицовочного материала — функции температуры.

Температурное поле в клеевом слое и в материале щита

$$C_{кл}(T) \rho_{кл}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{кл}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x''^2} + \frac{\partial \lambda_{кл}(T)}{\partial x''} \frac{\partial T}{\partial x''}; \quad (25)$$

$$C_{щ}(T) \rho_{щ}(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_{щ}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial x''^2} + \frac{\partial \lambda_{щ}(T)}{\partial x''} \frac{\partial T}{\partial x''}. \quad (26)$$

Начальные и граничные условия на данном этапе

$$\tau = \tau_{III} \Rightarrow \begin{cases} T(x'', \tau_{III}) = T_{об} = \text{const}; \\ 0 \leq x'' \leq \Delta, \end{cases} \quad (27)$$

т. е. температура в облицовочном материале в момент прижима распределена равномерно по его глубине;

$$\tau = \tau_{III} \Rightarrow \begin{cases} T(x'', \tau_{III}) = T(x', \tau_{III}); \\ \Delta < x'' < \infty; \\ x'' = x' + \Delta; \end{cases} \quad (28)$$

$$x'' = 0 \Rightarrow \lambda_{об}(T) \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x''} = \alpha [T_f - T(0, \tau)]; \quad (29)$$

$$\lambda_{об}(T) \frac{\partial T}{\partial x''} \Big|_{x'' = \Delta -} = \lambda_{кл}(T) \frac{\partial T}{\partial x''} \Big|_{x'' = \Delta +}; \quad (30)$$

$$\lambda_{кл}(T) \frac{\partial T}{\partial x''} \Big|_{x'' = (\Delta + \delta) -} = \lambda_{щ}(T) \frac{\partial T}{\partial x''} \Big|_{x'' = (\Delta + \delta) +}, \quad (31)$$

т. е. на границах облицовочный материал — клей и клей — щит — идеальный тепловой контакт;

$$x'' = \infty \Rightarrow T(\infty, \tau) = T_0 = \text{const}. \quad (32)$$

Длительность этапа $\tau_{IV} - \tau_{III}$ определяют как отношение расстояния между первым и последним роликами прижимной зоны $l_{пр}$ к S

$$\tau_{IV} - \tau_{III} = \frac{l_{пр}}{S}. \quad (33)$$

При $\tau > \tau_{IV}$ закономерности IV этапа сохраняются.

Для решения уравнений методом конечных разностей [1—3], основанным на замене непрерывного процесса теплообмена скачкообразным в пространстве и во времени, материалы разбивают вдоль оси x на слои толщиной Δx , а время — на промежутки $\Delta \tau$. Номер слоя по координате x обозначим через i , а номер промежутка $\Delta \tau$ времени τ — через k .

Конечно-разностная аппроксимация уравнений (3), (16), (17), (24) — (26) в соответствии с [1] имеет вид:

$$C_{i, k-1} \rho_{i, k-1} \frac{T_{i, k} - T_{i, k-1}}{\Delta \tau} = \lambda_{i, k-1} \frac{T_{i-1, k-1} - 2T_{i, k-1} + T_{i+1, k-1}}{(\Delta x)^2} + \\ + \frac{\lambda_{i+1, k-1} - \lambda_{i-1, k-1}}{2\Delta x} \frac{T_{i+1, k-1} - T_{i-1, k-1}}{2\Delta x}, \quad (34)$$

откуда

$$T_{i, k} = \frac{\Delta \tau}{C_{i, k-1} \rho_{i, k-1} (\Delta x)^2} \left[\lambda_{i, k-1} (T_{i-1, k-1} - 2T_{i, k-1} + T_{i+1, k-1}) + \right. \\ \left. + \frac{(\lambda_{i+1, k-1} - \lambda_{i-1, k-1})(T_{i+1, k-1} - T_{i-1, k-1})}{4} \right] + T_{i, k-1}. \quad (35)$$

Уравнение (35) можно решить при известном температурном поле в предыдущий $(k-1)$ -й момент времени.

Из уравнения (29) для точки поверхности с координатой x_0 в момент τ_k получим [1]

$$\frac{\Delta x}{2} C_{0, k-1} \rho_{0, k-1} \frac{T_{0, k} - T_{0, k-1}}{\Delta \tau} + \lambda_{0, k-1} \frac{T_{1, k-1} - T_{0, k-1}}{\Delta x} = \\ = \alpha (T_f - T_{0, k-1}), \quad (36)$$

отсюда

$$T_{0, k} = \left[\alpha (T_f - T_{0, k-1}) - \lambda_{0, k-1} \frac{T_{1, k-1} - T_{0, k-1}}{\Delta x} \right] \times \\ \times \frac{2\Delta \tau}{\Delta x C_{0, k-1} \rho_{0, k-1}} + T_{0, k-1}. \quad (37)$$

Аналогично из (11), (19) найдем

$$T_{0, k} = \left[\alpha (T_f - T_{0, k-1}) + \sigma (T_f^4 - T_{0, k-1}^4) - \right. \\ \left. - \lambda_{0, k-1} \frac{T_{1, k-1} - T_{0, k-1}}{\Delta x} \right] \frac{2\Delta \tau}{\Delta x C_{0, k-1} \rho_{0, k-1}} + T_{0, k-1}. \quad (38)$$

Наши исследования позволяют выделить три основных фактора, определяющих тепловой режим: T_0 , T_f и S . При помощи разработанной программы решения модели на ЭВМ проведены машинные эксперименты по установлению их влияния на T_w , необходимую для обеспечения оптимального теплового режима. Диапазоны варьирования определены для производственных и возможных неблагоприятных условий ($T_0 = 5 \dots 25$ °C; $S = 15 \dots 36$ м/мин; $T_f = 10 \dots 20$ °C).

Из конструктивных соображений на расстоянии $l_{ок} = 0,3$ м до клеенаносящего ролика устанавливают металлический нагревательный элемент длиной $l_{н.э} = 0,15$ м, температура на поверхности которого регулируется в диапазоне $100 \dots 300$ °C. Расстояния $l_{ок,к} = 0,3$ м, $l_{пр} = 0,425$ м. $T_k = 200$ °C, $\delta = 0,00025$ м, $\Delta = 0,0005$ м, $T_{об} = T_f$.

Для расчета определены теплофизические характеристики древесностружечных плит, клея-расплава КРУС, двухслойного полиэфирного пластика.

В результате расчета на ЭВМ получено уравнение регрессии

$$T_w = 412,885 - 1,47T_0 - 0,5T_f - 8,206S + 0,0696S^2. \quad (39)$$

Данное уравнение позволяет определить T_w для качественного и стабильного приклеивания кромки. Разработанный метод расчета позволяет получить аналогичные выражения для любых материалов, используемых в процессе облицовывания. Для этого необходимо определить теплофизические характеристики материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Купцова В. С. Основы вычислительной математики в приложении к теплофизическим задачам. Ч. 1.— М.: МЛТИ, 1975.— 100 с. [2]. Лариков Н. Н.

Теплотехника.— М.: Стройиздат, 1985.— 432 с. [3]. Романенко П. Н., Обливин А. Н., Семенов Ю. П. Теплопередача.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 432 с.

Поступила 19 мая 1987 г.

УДК 674.053 : 621.933.6.025.7

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРУГЛЫХ ПИЛ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

В. Н. ПЛЮСНИН, Ц. А. ГОТЛИБ, А. И. ШЕЙНОВ,
В. А. ДЫМОЧКО

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время наметилась тенденция применения в лесопильном производстве круглопильных станков для раскроя бревен и брусьев. Возможность надежной работы круглопильных станков в высокопроизводительных режимах резания с минимальными потерями древесины в опилки в значительной степени определяется эксплуатационной надежностью режущего инструмента (круглых пил).

В ЛТА проводят теоретические исследования, связанные с разработкой новой конструкции тонких (до 1,5 мм) круглых пил для раскроя брусьев высотой до 250 мм с минимальным объемом потерь древесины в опилки. Их принципиальное отличие от серийно выпускаемых состоит в том, что центральная часть диска пилы разделена технологическими прорезями на спицы, концы которых имеют форму усеченного сектора (рис. 1, а) и расположены с зазором в секторных пазах шайбы с радиальными перемычками между пазами.

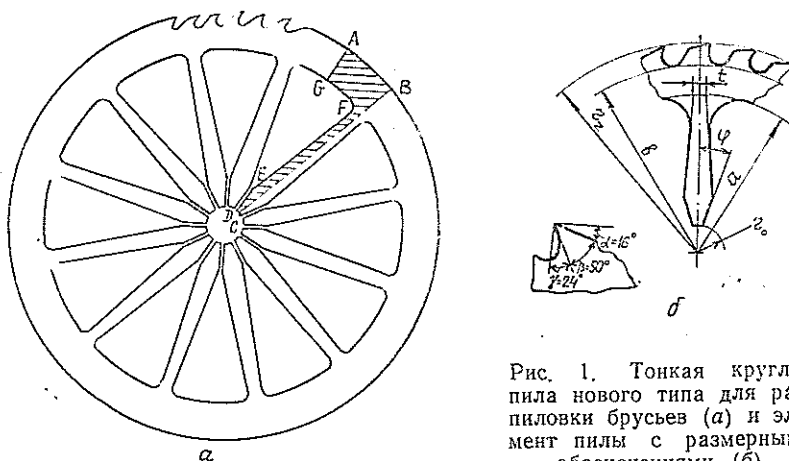


Рис. 1. Тонкая круглая пила нового типа для распиловки брусьев (а) и элемент пилы с размерными обозначениями (б)

При вращении пилы концы спиц могут перемещаться в секторных пазах шайбы в радиальном направлении, обеспечивая самонапряжение периферийной части (обода), имеющей форму узкого кольца. Это позволяет исключить большие радиальные градиенты температурных полей и полей напряжений. Неоднородность нагрузки и местный нагрев в зоне резания компенсируются свободным расширением обода. Тем самым устраняется основной недостаток круглых пил со сплошным диском.

Известно, что во вращающихся дисках, имеющих центральное отверстие, напряжения тем выше, чем больше диаметр отверстия. Кроме

того, спицы создают дополнительную сосредоточенную нагрузку на обод. Поэтому на холостом ходу, когда скорость вращения максимальна, можно ожидать значительного увеличения напряжений в пилах с прорезьями по сравнению с традиционными.

Анализу этих напряжений посвящена настоящая статья. Цель проводимых теоретических исследований — определение оптимальных конструктивных параметров пилы.

При вращении на холостом ходу диск пилы загружен только инерционными силами. Очевидно, в этом случае напряженное состояние зуба интереса не представляет. Если влияние зубьев заменить усилиями, действующими по линии их оснований, то оставшаяся часть диска будет плоской пластинкой постоянной толщины. Отношение толщины диска к его ширине составляет менее 1/45, а все усилия действуют в плоскости диска, так что расчет, естественно, сводится к задаче плоского напряженного состояния.

Рассмотрим обод диска (рис. 1, б).

Наружный контур радиуса b загружен радиальными инерционными силами, действующими со стороны зубьев. Поскольку число зубьев велико, а ширина их оснований мала по сравнению с длиной контура, усилия взаимодействия зубьев с ободом можно считать равномерно распределенными по контуру радиуса b . Соответствующие им напряжения p_0 можно определить по формуле

$$p_0 = \frac{z p_z}{\delta L_b}, \quad (1)$$

$$(p > 0)$$

где p_z — усилие от одного зуба;
 L_b — длина внешнего контура;
 δ — толщина диска пилы;
 z — число зубьев.

Рассматривая единичный зуб пилы как стержень переменного сечения, получим:

$$p_z = \int_b^{r_z} \rho \omega^2 r F(r) dr. \quad (2)$$

Здесь ρ — плотность;
 r — текущий радиус пилы;
 r_z — наружный (наибольший) радиус пилы;
 $F(r)$ — площадь сечения зуба.

Длина внешнего контура

$$L = 2\pi b. \quad (3)$$

Подставим (2) и (3) в формулу (1)

$$p_0 = \frac{z \int_b^{r_z} \rho \omega^2 r F(r) dr}{2\pi b \delta}. \quad (4)$$

Если не учитывать концентрацию напряжений в районе перехода спиц в кольцо, то внутренний контур можно считать загруженным радиальными сосредоточенными силами взаимодействия кольца со спицами. Среднее радиальное напряжение на внутреннем контуре

$$p_i = - \frac{12 \int_{r_0}^a \rho B \omega^2 r dr}{2\pi a}, \quad (5)$$

$$(p_i < 0)$$

где $B(r)$ — ширина спицы;
 a — радиус внутреннего контура кольца;
 r_0 — наименьший радиус спицы.

Распределение радиальных σ_r и тангенциальных σ_θ напряжений в кольце, создаваемых усилиями на наружном p_0 и внутреннем p_i контурах, можно определить по формулам Ламе:

$$\begin{cases} \sigma_{1r} = -\frac{a^2 b^2 (p_0 - p_i)}{b^2 - a^2} \frac{1}{r^2} - \frac{p_i a^2 - p_0 b^2}{b^2 - a^2}; \\ \sigma_{1\theta} = \frac{a^2 b^2 (p_0 - p_i)}{b^2 - a^2} \frac{1}{r^2} - \frac{p_i a^2 - p_0 b^2}{b^2 - a^2}. \end{cases} \quad (6)$$

К ним следует добавить напряжения, вызванные вращением самого кольца

$$\begin{cases} \sigma_{2r} = \frac{3 + \nu}{8} \rho \omega^2 \left(b^2 + a^2 - \frac{a^2 b^2}{r^2} - r^2 \right); \\ \sigma_{2\theta} = \frac{3 + \nu}{8} \rho \omega^2 \left(b^2 + a^2 + \frac{a^2 b^2}{r^2} - \frac{1 + 3\nu}{3 + \nu} r^2 \right), \end{cases} \quad (7)$$

и напряжения, связанные с его изгибом в собственной плоскости сосредоточенными силами

$$\begin{cases} \sigma_{3\theta} = \frac{12M(r-b)}{\delta(b-a)^3} + \frac{6M}{(b-a)^2\delta} = \frac{6M}{\delta(b-a)^2} \left[1 - 2\frac{b-r}{b-a} \right]; \\ \sigma_{3r} \sim 0. \end{cases} \quad (8)$$

Здесь M — момент в сечении с координатой φ (угол φ отсчитывают от одной из спиц).

Функция $M(\varphi)$ имеет период $\alpha = \frac{2\pi}{n}$, n — число спиц.

$$M = M_0 + T\alpha(1 - \cos \varphi) - \frac{p}{2} a \sin \varphi; \quad (9)$$

$$T = \frac{1}{2} p \operatorname{ctg} \alpha; \quad (10)$$

$$M_0 = \frac{pa}{2} \left[\frac{1 - \cos \alpha}{\alpha} - \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} (\alpha - \sin \alpha) \right]. \quad (11)$$

Здесь p — усилие от одной спицы

$$p = \int_{r_0}^a \rho B \delta \omega^2 r dr. \quad (12)$$

Напряжения в спице в сечении с радиусом r

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{B(r)} \int_{r_0}^r \rho B \omega^2 dr. \quad (13)$$

Используем полученные зависимости для расчета напряжений в пиле, конструкция которой представлена на рис. 1 при следующих исходных данных:

$$\begin{array}{llll} \delta = 1,5 \text{ мм}; & a = 370 \text{ мм}; & b = 442,5 \text{ мм}; & r_2 = 457,5 \text{ мм}; \\ r_0 = 40 \text{ мм}; & r_1 = 100 \text{ мм}; & B = 14 \text{ мм}; & B(r_1) = 45,3 \text{ мм}; \\ B(a) = 30 \text{ мм}; & \alpha = 16^\circ; & \beta = 50^\circ; & \gamma = 24^\circ; & h = 15 \text{ мм}; \\ t = 40 \text{ мм}; & l = 19 \text{ мм}. & & & \end{array}$$

Частота вращения $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

В результате вычислений получены следующие величины, условно отнесенные к оси спицы.

Средние радиальные напряжения на внешнем и внутреннем контурах: $p_0 = 0,7 \text{ МПа}$; $p_i = -2,4 \text{ МПа}$.

Напряжения, создаваемые давлениями на внутреннем и наружном контурах (формула (6)):

$$\begin{aligned} r = a; & \quad \sigma_{1r} = p_i = -2,4 \text{ МПа}; & \quad \sigma_{1\theta} = 18,7 \text{ МПа}; \\ r = \frac{a+b}{2}; & \quad \sigma_{1r} = -0,8 \text{ МПа}; & \quad \sigma_{1\theta} = 17,1 \text{ МПа}; \\ r = b; & \quad \sigma_{1r} = p_0 = 0,7 \text{ МПа}; & \quad \sigma_{1\theta} = 15,6 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Напряжения от вращения кольца (формула (7))

$$\begin{aligned} r = a; & \quad \sigma_{2r} = 0; & \quad \sigma_{2\theta} = 35,4 \text{ МПа}; \\ r = \frac{a+b}{2}; & \quad \sigma_{2r} = 1,9 \text{ МПа}; & \quad \sigma_{2\theta} = 31,5 \text{ МПа}; \\ r = b; & \quad \sigma_{2r} = 0; & \quad \sigma_{2\theta} = 28,2 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Напряжения от изгиба кольца при $\varphi = 0$, $M = M_0 = 22,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$:

$$\begin{aligned} r = a; & \quad \sigma_{3\theta} = -12,4 \text{ МПа}; \\ r = \frac{a+b}{2}; & \quad \sigma_{3\theta} = 0; \\ r = b; & \quad \sigma_{3\theta} = 12,4 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

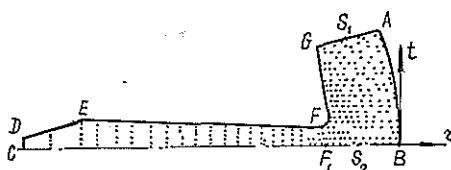
Суммарные напряжения

$$\begin{aligned} r = a; & \quad \sigma_r = -2,4 \text{ МПа}; & \quad \sigma_\theta = 41,7 \text{ МПа}; \\ r = \frac{a+b}{2}; & \quad \sigma_r = 1,1 \text{ МПа}; & \quad \sigma_\theta = 48,5 \text{ МПа}; \\ r = b; & \quad \sigma_r = 0,7 \text{ МПа}; & \quad \sigma_\theta = 56,2 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Напряжение в самой спице в месте перехода ее в кольцо без учета концентрации напряжений (формула (13)): $\sigma_{cr} = 15,6 \text{ МПа}$.

Для проверки приведенных выше приближенных зависимостей вычислим напряжение в полотне пилы с использованием метода конечных элементов (МКЭ) для плоского напряженного состояния. Повторяющийся элемент $ABCDEFGG$ пилы разбивали на 550 треугольных конечных элементов с шестью степенями свободы (шестью узловыми перемещениями в системе координат r, t). Схема разбивки дана на рис. 2.

Рис. 2. Схема автоматической разбивки исследуемой зоны на конечные элементы



Положение узлов в направлении оси t фиксировали с точностью, равной половине интервала печати АЦПУ, вследствие чего линии контура несколько искажены. Сетка сгущается в районе концентрации напряжений у примыкания спицы к кольцу.

К внешнему контуру AB были приложены узловые усилия (замещающие равномерно распределенные напряжения взаимодействия контура с зубьями), вычисляемые по формуле (4). Часть контура $CDEFG$ от напряжений свободна. На линиях BC и AC , вследствие симметрии, запрещены перемещения в направлении, перпендикулярном контуру. Задачу решали с помощью ЭВМ ЕС10-55. Данные напряжений в ободке диска по результатам расчета МКЭ приведены в таблице.

Анализ результатов расчета по МКЭ показал, что наибольшие напряжения $\sigma_\theta = 65 \text{ МПа}$ возникают в районе перехода спицы в кольцо (точка F на рис. 2). Они примерно на 15% выше, чем максимальные напряжения, определенные по приближенным формулам ($\sigma_\theta = 56 \text{ МПа}$ в точке B). В точках, удаленных от зоны перехода, приближенные формулы дают результаты, практически совпадающие

Координата точки r	Обозначение точки	Напряжения, МПа	
		δ_{θ}	σ_r
b	A	50,8	0,7
	B	55,3	0,7
$\frac{a+b}{2}$	S ₁	49,4	1,2
	S ₂	47,5	-1,1
a	G	57,3	0
	F	65,1	—
	F ₁	50,3	-16,2

с точным решением. Для той же пилы, но с полотном в форме диска без прорезей при той же скорости вращения максимальные напряжения (в этом случае они действуют на внутренней поверхности кольца радиусом $r_0 = 40$ мм) составляют $\sigma_{\theta} = 32$ МПа, т. е. примерно в два раза меньше, чем у пилы предлагаемой конструкции.

С учетом имеющегося при холостом ходе запаса прочности, увеличение действующих напряжений в 2 раза опасности не представляет.

Поскольку спица пилы — тонкостенный стержень, следует хотя бы приближенно оценить ее устойчивость.

С ошибкой в безопасную сторону спицу можно считать шарнирно опертой на ободе. Внутренний конец спицы свободно перемещается в осевом направлении, поворот концевое сечения закреплен. Если считать спицу стержнем постоянного поперечного сечения с шириной, равной ее среднему значению, то осевая нагрузка распределяется по закону треугольника с интенсивностью:

$$q = \rho \omega^2 l \delta b_{\text{ср}}, \quad (14)$$

где l — длина спицы;
 $b_{\text{ср}}$ — средняя ширина спицы.

Критическое значение интенсивности при указанной схеме нагружения вычисляли по формуле

$$q_{\text{кр}} = \frac{120EI}{l^3}. \quad (15)$$

Здесь I — момент инерции сечения спицы

$$I = \frac{bh^3}{12}. \quad (16)$$

Подставляя выражения (15) и (16) в уравнение (14), можно найти критическую скорость вращения пилы, при которой спица теряет устойчивость

$$\omega = \frac{h}{l^2} \sqrt{\frac{10E}{\rho}}. \quad (17)$$

Для пилы новой конструкции с рассмотренными параметрами $\omega_{\text{кр}} = 250 \text{ с}^{-1}$, что соответствует $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$.

Таким образом, критическое число оборотов почти в полтора раза превышает рабочее значение $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$. Тем не менее, расчет показал, что при конструировании диска пилы следует обратить серьезное внимание на устойчивость спицы.

В целом теоретический анализ напряженного состояния пил новой конструкции показал их работоспособность, но окончательные выводы можно сделать только после практической проверки работоспособности пил в лабораторных и полупромышленных условиях.

УДК 624.011.2

О НЕКОТОРЫХ ДОПУЩЕНИЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ СОЕДИНЕНИЙ НА СТАЛЬНЫХ СТЕРЖНЯХ, ВКЛЕЕННЫХ В ДРЕВЕСИНУ

Ю. Б. ВЫЛЕГЖАНИН

Кузбасский политехнический институт

Стык на клеенных стальных стержнях — эффективный способ соединения элементов деревянных конструкций. Точный расчет такого стыка затруднен из-за его сложного напряженно-деформированного состояния. Задачу можно решить приближенно, если допустить отсутствие напряжений, перпендикулярных плоскости шва, и заменить фактическое распределение нормальных напряжений по ширине сечения древесины на некоторую среднюю постоянную по ширине сечения величину. Это приводит задачу к одномерной, в которой косвенно учтено сложное напряженно-деформированное состояние [2]. Однако такое решение не удовлетворяет граничным условиям на торцах, а также противоречит уравнению равновесия элементарного участка клееного шва в направлении, перпендикулярном плоскости сдвига.

Так как толщина клееного шва невелика, то приближенно его можно рассматривать как тонкую полимерную пленку, в которой возникают только касательные напряжения. Подобную схему использовали ряд авторов [5, 6] при расчете клееного соединения однородных материалов. В действительности напряженное состояние клееного шва более сложно, чем принято выше. Известны работы [1, 4], в которых приближенно учтены нормальные напряжения в клееном слое.

Из оценки характера распределения напряжений сдвига и влияния толщины клееного шва [4] следует, что эпюры касательных напряжений при двух- и одномерном напряженно-деформированном состоянии тонкого полимерного слоя совпадают по всей длине клееного соединения, за исключением торцевых сечений, при условиях:

$$\begin{aligned} s_2^2/s_1^2 &\leq 24(1 + \mu_{кл})^2 E_d h_d / E_{кл} h_{кл}; \\ s_2^2/s_1^2 &\leq 24(1 + \mu_{кл})^2 E_a d_a / E_{кл} h_{кл}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь E_d , h_d и $E_{кл}$, $h_{кл}$ — модули упругости и толщина слоев древесины и клея;

$\mu_{кл}$ — коэффициент Пуассона клея;

s_1 и s_2 — корни характеристического уравнения по [4].

При увеличении отношения s_2/s_1 обе эпюры сближаются во все большей области, отличие между ними переносится ближе к торцу элемента. При отношении $s_2/s_1 \geq 20$ различие в ординатах эпюр касательных напряжений в сечении, отстоящем от торца на расстоянии 0,01 длины полимерного слоя, не превышает 10... 15%. Тогда выражения (1) при подстановке значений параметров примут вид

$$h_d/h_{кл} \geq 15; \quad d_a/h_{кл} \geq 0,8. \quad (2)$$

При существующей номенклатуре арматурных стержней второе условие всегда выполняется.

В конструкциях стыков толщина клеевого шва обычно не превышает 2 мм, и, следовательно, минимальная толщина «рабочего» слоя древесины

$$h_a^{\min} \geq 30 \text{ мм.}$$

Итак, при соблюдении приведенного условия работа клеевого шва достаточно точно описывается линейным напряженным состоянием, что значительно упрощает решение задачи. Влияние объемного напряженного состояния соединения учитывают косвенно через экспериментально определенный коэффициент пропорциональности между сдвигающими напряжениями и взаимным смещением соединяемых элементов для каждого вида соединяемых материалов и клея.

Экспериментальное исследование распределения нормальных напряжений по ширине сечения древесины проводили на образцах, состоящих из двух сосновых досок (влажностью 7...9 %, толщиной 12 мм и шириной 60 мм), сплавляемых по длинной кромке. В шов между досками соосно вклеивали стальные стержни периодического профиля диаметром 10 мм. Нагружение образцов осуществляли по схеме промежуточного скалывания. Деформацию сечения деревянного элемента измеряли тензорезисторами в нескольких сечениях по длине соединения, индикаторами часового типа и тензомерами Анстова.

Испытания показали, что напряжения максимальны на контакте клей — древесина, по мере удаления от этой зоны они уменьшаются и на расстоянии 1,5...3,0 диаметра вклеиваемого стержня становятся практически постоянными (изменение менее 2 %). Путем обработки полученных данных на ЭВМ подобраны аналитические зависимости вида

$$y = a + b/z \text{ и } y = a e^z,$$

которые достаточно точно описывают результаты эксперимента (коэффициенты корреляции — соответственно 0,98 и 0,96, среднее отклонение от экспериментальных данных — 10,7 и 8,0 %).

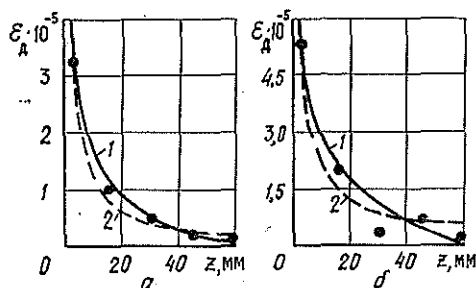


Рис. 1. Распределение относительных деформаций по ширине сечения деревянного элемента: a — 4 кН; b — 10 кН; 1 и 1' — $y = a e^z$; 2 и 2' — $y = a + b/z$

На рис. 1 показано распределение относительных деформаций по ширине деревянного элемента в сечении, отстоящем от торца на расстоянии 1,5 диаметра вклеиваемого стержня. Точками отмечены экспериментальные значения, линиями — подобранные функциональные кривые, хорошо описывающие результаты эксперимента и в других сечениях по длине соединения. Возможность аппроксимации экспериментальных значений распределения нормальных напряжений по сечению древесины приведенными зависимостями подтверждается экспериментальными данными [3].

Рассмотрим совместную работу стального стержня с деревянной призмой. Соединение осуществляется путем вклеивания стержня в продольный паз эпоксидно-цементным клеем ЭПЦ. Оси центров масс поперечных сечений элементов совпадают. Соединение загружено по схеме промежуточного скалывания, что соответствует работе стыка в растянутом элементе конструкции. Толщина клеевого шва считается постоян-

ной, равной зазору между стенкой паза и внешним диаметром стержня. Торец стержня не проклеивается и древесины за ним нет. Соединяемые материалы следуют закону Гука и равномодульны при растяжении и сжатии. Анизотропию деревянного бруса не учитывали. Распределение нормальных напряжений в арматурном стержне принимают равномерным, так как жесткость стального стержня значительно выше жесткости древесины и клея. Распределение нормальных напряжений по ширине сечения древесины удовлетворяет зависимости вида $y = a e^z$.

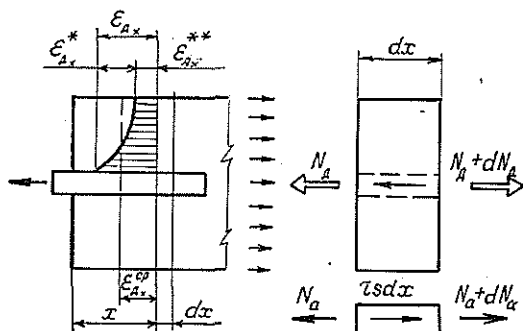


Рис. 2. Расчетная схема усилий, действующих на соединение и элементарный участок его длины

Условия равновесия для элементарного участка dx , выделенного двумя поперечными сечениями (рис. 2):

$$\frac{dN_{dx}}{dx} = \tau_{кл dx}^л S_{п}; \quad \frac{dN_{ax}}{dx} = -\tau_{кл dx}^a S_a;$$

$$\tau_{кл dx} = \tau_{ax} = \tau_x; \quad \tau_{dx} = \tau_{ax} \frac{S_a}{S_{п}},$$

где s_a и $s_{п}$ — периметры вклеенного стержня и паза.

Приняв за начало отсчета торец деревянного элемента, перемещение слоя клея по контакту клей — древесина запишем в виде:

$$u_{кл dx} = u_{dx} - u_{ax} = \gamma_{кл dx} h_{кл},$$

где $u_{ax} = u_{dx}^0 (e^{h_x} - e^z) / e^z (e^{h_x} - 1); \quad u_{dx} = u_{dx}^0$ (при $z = 0$).

Дифференцируя по x , получим:

$$\frac{d\gamma_{кл dx}}{dx} = \frac{1}{h_{кл}} (\epsilon_{dx} - \epsilon_{ax}). \tag{3}$$

Уравнение (3) — условие совместности деформаций клеевого шва, соединяющего стальной стержень с древесиной. Учитывая, что $\gamma_{кл dx} = \tau_{кл dx} / G_{кл шва}$, и подставив в (3), имеем:

$$\frac{d\tau_{кл dx}}{dx} = K (\epsilon_{dx} - \epsilon_{ax}), \tag{4}$$

где $K = G_{кл шва} / h_{кл}$ — некоторый коэффициент пропорциональности или коэффициент жесткости шва, определяемый экспериментально.

В упругой стадии работы физические зависимости связи напряжений и деформаций запишем в виде

$$\epsilon_{ax} = N_{ax} / E_a F_a; \quad \epsilon_{dx} = \epsilon_{dx}^* + \epsilon_{dx}^{**}; \quad \gamma_{dx} = \tau_{dx} / G_d.$$

Здесь ε_{dx}^* и ε_{dx}^{**} — составляющие эпюры относительных деформаций древесины согласно рис. 2;
 G_d — модуль сдвига древесины;
 E_a, F_a и E_d, F_d — модуль упругости и площадь поперечного сечения соответственно арматуры и деревянного бруса.

Величину ε_{dx}^{**} можно вычислить через среднее значение относительной деформации древесины $\varepsilon_{dx}^{cp} = N_{dx}/E_d F_d$, приравняв площади усредненной и действительной эпюр деформаций. Тогда

$$F(\varepsilon_{dx}^{**}) = h_d \varepsilon_{dx}^{cp} - F(\varepsilon_{dx}^*)$$

или

$$\varepsilon_{dx}^{**} = \varepsilon_{dx}^{cp} - \frac{1}{h_d (e^{h_d} - 1)} \varepsilon_{dx}^*$$

Искомую суммарную деформацию найдем из выражения

$$\varepsilon_{dx} = \varepsilon_{dx}^{**} + \varepsilon_{dx}^* = \varepsilon_{dx}^{cp} + \left(1 - \frac{1}{h_d (e^{h_d} - 1)}\right) \varepsilon_{dx}^*$$

Дифференцируя (4) и подставляя известные значения, получим:

$$\frac{d^2 \tau_x}{dx^2} = \alpha^2 \tau_x, \quad (5)$$

$$\text{где } \alpha^2 = \frac{K s_a (1 + u)}{E_a F_a c}; \quad c = 1 - K \frac{s_a}{s_n G_d} \left(1 - \frac{h_d + 1}{h_d e^{h_d}}\right); \quad u = \frac{E_a F_a}{E_d F_d}. \quad (6)$$

Граничные условия по концам соединения

$$\frac{d\tau_x}{dx} = -\frac{KN}{E_a F_a} \text{ при } x=0; \quad \frac{d\tau_x}{dx} = \frac{KN}{E_a F_a} \text{ при } x=l.$$

Решение однородного дифференциального уравнения второго порядка (5) с постоянными коэффициентами имеет вид

$$\tau_x = C_1 \operatorname{ch} \alpha x + C_2 \operatorname{sh} \alpha x.$$

Определив постоянные интегрирования C_1 и C_2 , найдем напряжения сдвига:

$$\tau_x = \alpha N [u \operatorname{ch} \alpha x + \operatorname{ch} \alpha (l - x)] / s_a (1 + u) \operatorname{sh} \alpha l. \quad (7)$$

Максимальное значение напряжений сдвига (при $x=0$)

$$\tau_{\max} = \alpha N / \omega s_a (1 + u); \quad \omega = \operatorname{sh} \alpha l / (u + \operatorname{ch} \alpha l).$$

Нормальные напряжения в арматурном стержне σ_{ax} получим интегрированием выражения (7) в пределах от x до l и умножением его на s_a / F_a

$$\sigma_{ax} = N [u (\operatorname{sh} \alpha l - \operatorname{sh} \alpha x) + \operatorname{sh} \alpha (l - x)] / (1 + u) F_a \operatorname{sh} \alpha l.$$

Выражение (7) отличается от приведенного в работе [2] параметром c , входящим в коэффициент α . Обозначив отношение коэффициентов α , найденных по двум решениям, через K_α и подставляя в (7) известные значения, получим: при вклейке в квадратный паз по трем граням $K_\alpha = 1,032$, то же по четырем граням $K_\alpha = 1,018$, при вклейке в круглый паз $K_\alpha = 1,029$. Параметр α отличается от соответствующего значения, вычисленного по [2], на 2...3 %, что находится в

пределах точности приближенного метода расчета. Аналогичный вывод получим для функциональных зависимостей распространения нормальных напряжений по линейному (1), гиперболическому (2), параболическому (3) законам, для которых соответственно $K_{\alpha_1} = 1,028$, $K_{\alpha_2} = 1,018$, $K_{\alpha_3} = 1,020$.

Таким образом, характер распределения нормальных напряжений по ширине сечения деревянной призмы несущественно влияет на напряженно-деформированное состояние соединения. Допущение о равномерном распределении напряжений, принятое в работе [2], можно считать достаточно корректным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бондин В. Ф. Напряжения в клеевом стыке внахлестку при соединении анизотропных материалов // *Механика твердого тела*.— 1972.— № 1.— С. 159. (Изв. АН СССР). [2]. Бондин В. Ф., Вылегжанин Ю. Б. О прочности на сдвиг клеевых соединений стальных стержней с древесиной // *Стр-во и архит.*— 1976.— № 11.— С. 20. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Жилкин В. А., Борыняк Л. А. Экспериментальное определение функций перемещений для точек деревянной поверхности при выдергивании из нее стального стержня // *Стр-во и архит.*— 1979.— № 5.— С. 135. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Рабинович А. Л. Введение в механику армированных полимеров.— М.: Наука, 1970.— 255 с. [5]. Arnovljevic. Das Verteilungssesetz der Naftspannungen in axial beanspruchten Verbundstäben // *Z. F. Arch. und Ing.*— Wesen, Hanover, 1909, 55.— S. 415. [6]. Goland M., Reissner E. The stress in cemented joints // *J. of Applied Mechanics*.— 1944.— vol. 2, N 1.— P. A—17.

Поступила 24 декабря 1984 г.

УДК 620.179.119

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЕФЕКТОСКОПИИ ПИЛЕННЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. Н. КАРМАДОНОВ, Н. М. ОНТИКОВА, С. В. ПОЗДНЯКОВ

НИИ электронной интроскопии при Томском политехническом институте

Актуальность и экономическая целесообразность научных исследований по обнаружению пороков и дефектов в круглых и пиленых лесоматериалах, а также в изделиях из древесины очевидны. В работах [3—5] опубликованы основные результаты исследований и сделана оценка применимости методов неразрушающего контроля в круглых лесоматериалах, в работах [1, 2, 4, 6, 7]— данные по обнаружению пороков и дефектов в пиленых лесоматериалах, а также приведена качественная оценка различных методов контроля древесных материалов.

В работе [7] показано, что оптический метод контроля с применением отраженного излучения имеет определенные преимущества перед остальными: 1) обеспечивает выявляемость наибольшего числа пороков (дефектов); 2) отличается безопасностью для обслуживающего персонала и простотой эксплуатации; 3) позволяет автоматизировать процесс контроля. Однако оптический метод имеет общий для всех способов недостаток: слабую идентификацию пороков. Для обеспечения требуемой идентификации пороков необходимо прежде всего повысить информативность контроля и оптимизировать процесс обработки полученной информации.

В известных системах контроля пиленых лесоматериалов (досок), созданных фирмами («Bendix» США и «Plessey») на основе лазерного и люминесцентного источников излучения, указанная задача решается поэтапно [7]. На первом этапе оператор производит предварительную

дифференциацию дефектов путем визуального осмотра и маркировки слабоконтрастных пороков древесины специальной краской. На втором этапе с помощью оптического датчика съема информации и компьютера оцпивают число дефектов, их месторасположение с последующей выдачей решения на исполнительный механизм вырезки дефектных мест.

Для повышения информативности контроля, с целью автоматизации процесса выявления слабоконтрастных пороков, ряд авторов [7] предложили использовать комплексную систему с применением оптического и радиационного датчиков съема информации. В такой системе контроля слабоконтрастные пороки выявляются при регистрации радиационного излучения, прошедшего через контролируемый образец. Учитывая технические трудности эксплуатации аппаратуры с использованием радиационного излучения в поточных линиях разделки древесины, его применение может быть оправдано в автоматических системах контроля пиленых лесоматериалов (толщиной более 10 мм) либо при контроле круглого леса [3—5], где использование других методов малоэффективно. При контроле тонких пиленых лесоматериалов типа паркетной, тарной и карандашной дощечки целесообразно применять оптический метод, основанный на регистрации проходящего и отраженного излучения.

В литературе достаточно полно представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия электромагнитных волн оптического диапазона (0,5... 15 мкм) с веществом древесины. Однако полученные результаты не позволяют оценить ослабление оптического излучения пороками древесины для образцов толщиной до 10 мм и определить уровень сигнала дефектной области древесины по сравнению с бездефектной. Это обусловлено как сильной анизотропией оптических характеристик дефектной области древесины различных пород, так и неопределенностью вклада многократного рассеяния оптического излучения в регистрируемый поток.

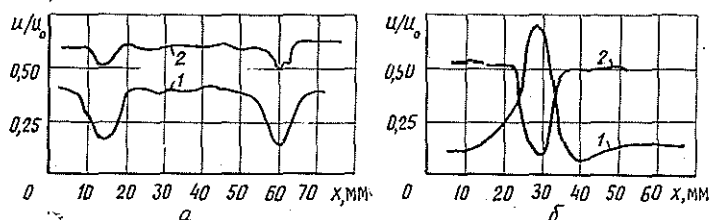
Авторами статьи была экспериментально исследована возможность выявления и идентификации основных сортообразующих пороков пиленых лесоматериалов сосны сибирской как в отраженном, так и проходящем потоках оптического излучения для образцов толщиной до 10 мм. Одновременно определяли влияние основных мешающих факторов, обусловленных особенностями контролируемого материала.

Физическая основа выявления пороков древесины — изменение химического состава, плотности и капиллярной структуры древесины, что приводит к изменению оптических характеристик древесины и появлению разности пороков $\Delta\Phi$ дефектной области Φ_d и бездефектной Φ_0 . Для обеспечения максимального значения $\Delta\Phi$ был выбран диапазон оптического излучения 0,8... 1,2 мкм, соответствующий максимальному значению оптических характеристик большинства пород древесины по данным работы [2].

Экспериментальные исследования проводили на дефектоскопе, позволяющем измерять отраженный и проходящий поток оптического излучения от образцов сосны толщиной 5 мм. В качестве источника излучения использовали линейку светодиодов (излучающих в диапазоне 0,9... 1,0 мкм), которая обеспечивала сканирование образца по всей площади при его перемещении. Приемник излучения — ФЭУ, имеющий область чувствительности в диапазоне 0,5... 1,1 мкм. Всего было исследовано более 100 образцов сосны размером 185 × 76 × 5 мм, содержащих основные сортообразующие пороки и дефекты: сучки различных размеров и формы, крень, червоточины, шероховатость. В измерительной цепи прибора при сканировании образца образуется напряжение, пропорциональное оптическому сигналу, прошедшему через древесину или отраженному от нее. Все образцы имели одну влажность — 60 %.

На рис. а, б приведены характерные дефектограммы образцов карандашной дощечки в области сучка диаметром 10 мм и крени, полученные в проходящем и отраженном потоках оптического излучения.

Как показали дефектограммы, для сучков характерно большее пропускание и меньшее отражение относительно бездефектной области древесины. Аналогичные зависимости получены и для дефектов типа



а — дефектограмма образца с кренью, ширина полосы 10 мм;
 б — дефектограмма образца с сучком, диаметр 10 мм: кривая 1 получена при прохождении оптической радиации через образец; 2 — при отражении от образца

отверстий (червоточин) с характерной формой сигнала, соответствующей диаметру дефекта.

Экспериментальные исследования показали, что на величину прошедшего излучения большое влияние оказывает водослой, сигнал от которого в отдельных случаях может превосходить сигнал от дефекта типа сучка. В этом случае водослой, не являясь дефектом, делает невозможным определить размеры дефекта и идентифицировать дефекты по уровню и форме сигналов. На уровень отраженного сигнала водослой заметного влияния не оказывает. Для ворсистой зоны уровень отраженного сигнала может быть равен уровню сигнала от дефекта типа сучка. Значение же сигнала, прошедшего через ворсистую зону, практически не меняется.

Следовательно, выявление дефектов возможно при регистрации как отраженного, так и проходящего излучения, но в каждом случае имеются свои мешающие факторы, от которых позволяет избавиться применение двухканальной системы с использованием отраженного и прошедшего излучения.

Полученные результаты можно положить в основу разработки алгоритма распознавания основных сортообразующих пороков и дефектов древесины с целью автоматизации процесса контроля и сортировки тонких пиленных лесоматериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боровиков В. В. О применении радиоволнового метода для оценки качества древесины // Стандартизация и качество продукции.— Архангельск.— 1982.— С. 137—143. [2]. Долацис Я. Л., Ильясов В. Г., Красников В. В. Воздействие ИК-излучения на древесину.— Рига: Зинатне, 1973.— С. 302. [3]. Кармадонов А. Н., Горбунов В. И., Шетинин Ю. И. Применение радиоизотопов для обнаружения дефектов в круглом лесе // Радиационная дефектоскопия.— М.: ЦНИИ ТЭИ, 1970. [4]. Геометрия радиационного контроля качества круглого леса / А. Н. Кармадонов, В. А. Грудинин, Ю. И. Литовченко, Л. Н. Исаева // Технология древесины.— Дрезден: ГДР.— 1973.— № 6. [5]. Кармадонов А. Н., Исаева Л. Н., Грудинин В. А. Выбор и обоснование метода контроля качества круглого леса // Тр. ин-та леса и древесины СО АН СССР.— Красноярск, 1971. [6]. Лакатош Б. К. Дефектоскопия древесины.— М.: Лесн. пром-сть.— 1966.— С. 42. [7]. Ryszard Szymani, Kent A. Mc Donald. Defect detection in Lamber state of the art / Forest products journal.— 1981.— Vol. 31, N 11.— P. 34—44.

Поступила 3 апреля 1986 г.

УДК 674.047 : 631.571

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ ПРИ СУШКЕ КОРЫ ЕЛИ ЭЛЕКТРОКАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Р. В. ЛУЦЫК, В. Л. ЛОМАЗОВ

Институт технической теплофизики АН УССР

На лесопильных, деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных комбинатах страны ежегодно образуется до 10 млн т коры, являющейся отходом производства [1]. Ее сбрасывают в короотвалы, где она гниет, загрязняет территорию предприятий, самовозгорается. Расходы на уничтожение и вывозку коры равны 1,5...2,5 р./т. В то же время кора — ценное энергетическое сырье, но ее теплота сгорания зависит от влагосодержания и составляет свыше 12 тыс. кДж/кг при влагосодержании до 20 % и около 5 тыс. кДж/кг при влагосодержании свыше 160 % [1]. Для получения пара промышленных параметров сырая кора непригодна, ее необходимо сушить [6]. В ИТТФ АН УССР проводятся исследования процесса сушки коры ели с целью получения данных для разработки промышленной технологии сушки [5].

При разработке и внедрении процессов сушки коры приходится решать различные технические задачи, в том числе определять количество теплоты Q , Дж, необходимой для высушивания влажного материала.

$$Q = Q_{\text{и}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{и}}$ — теплота испарения влаги, Дж;
 $Q_{\text{н}}$ — теплота нагрева материала, Дж;
 $Q_{\text{п}}$ — тепловые потери, Дж.

Значения $Q_{\text{и}}$ и $Q_{\text{п}}$ рассчитывают по общепринятой методике [4] с учетом технологических параметров сушки и конструкции сушилки. Главная величина при расчетах процессов сушки — количество теплоты $Q_{\text{и}}$, необходимой для испарения определенного количества влаги B , кг:

$$Q_{\text{и}} = LB. \quad (2)$$

Здесь L — удельная теплота испарения влаги при данной температуре, Дж/кг (определяют ее по справочникам).

Если в материале, подвергаемом сушке, содержится только свободная влага, то при использовании справочных значений L ошибки не возникает. Однако при расчетах процессов сушки таких сложных объектов, как капиллярно-пористые коллоидные тела, содержащие кроме свободной, влагу разных видов связи (качественная и количественная характеристика коры ели определена авторами), необходимо учитывать возрастание удельной теплоты испарения влаги, обусловленное ростом внутренней энергии связи гигроскопической влаги с твердым скелетом тела.

В ходе сушки удельная теплота испарения влаги из материала непрерывно увеличивается, поскольку с течением времени удаляется влага, более прочно связанная с твердым скелетом тела. Это одна из главных причин замедления процесса сушки с течением времени, что хорошо видно по кривым сушки и скорости сушки (рис. 1).

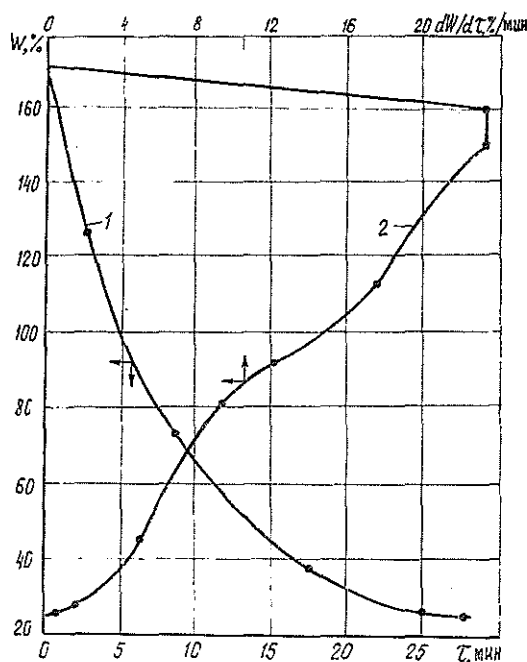


Рис. 1. Кривые сушки (1) и скорости сушки (2) коры ели

Авторы поставили перед собой задачу определить истинную удельную теплоту испарения влаги из коры ели и ее составляющих (корки и луба) с тем, чтобы оценить расхождения, появляющиеся в расчетах процессов сушки при использовании истинного и справочного значений удельной теплоты испарения влаги.

Исследования проводили методом энергограмм сушки, относящимся к группе электрокалориметрических методов, на установке, описанной в работе [3], при температуре среды 100 °С. Сущность метода заключается в том, что сушка образца происходит в изотермических условиях: температура поверхности образца поддерживается постоянной с помощью внутреннего источника теплоты и равной температуре среды. При такой сушке образец не нагревается, и вся теплота $Q_{\text{ист}}$, выделяемая внутренним источником теплоты за время $d\tau$, расходуется только на испарение влаги, которое характеризуется уменьшением влагосодержания на величину dW :

$$Q_{\text{ист}} = L \frac{dW}{d\tau} \quad (3)$$

или

$$I^2 R = L \frac{dW}{d\tau}, \quad (4)$$

где I — ток внутреннего источника, А;
 R — сопротивление внутреннего источника, Ом.

В ходе опыта снимали две кинетические кривые: изменение влагосодержания (кривая сушки) $W = f(\tau)$ и изменение тока (энергограмма) $I = f(\tau)$.

По двум кинетическим кривым построена зависимость $L = f(W)$ (рис. 2), наглядно показывающая возрастание удельной теплоты испарения влаги в ходе сушки. Горизонтальным пунктиром отмечено значение удельной теплоты испарения свободной влаги \bar{L} для температуры 100 °С: $L_0 = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг [2]. Вертикальными пунктирами отмечены границы испарения влаги разных форм связи с образцами: Γ — начало

Материал	Влагосодержание, кг/кг					Средняя удельная влаги,	
	Полная влагоемкость W_1	макропор $W_{\text{мак}}$	микропор $W_{\text{мик}}$	поли-слоя $W_{\text{ад. п}}$	монослоя $W_{\text{ад. м}}$	макропор	микропор
						$L_{\text{мак}}$	$L_{\text{мик}}$
Кора	2,11	1,58	0,37	0,16	0,046	2,41	2,71
Корка	2,25	1,71	0,42	0,13	0,044	2,36	2,61
Луб	2,15	1,52	0,47	0,16	0,042	2,46	3,21

испарения влаги гигроскопического состояния; A — начало испарения адсорбционной влаги.

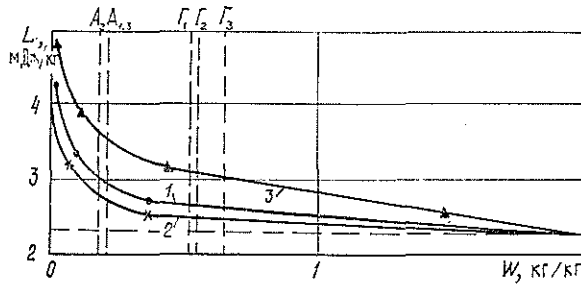


Рис. 2. Зависимость удельной теплоты испарения влаги от влагосодержания: 1 — кора; 2 — корка; 3 — луб

Как видно из рис. 2, при изменении влагосодержания от начального значения до вертикали Γ , т. е. при испарении влаги из макропор, удельная теплота испарения влаги L мало отличается от L_0 . При удалении влаги гигроскопического состояния удельная теплота испарения влаги начинает возрастать, особенно значительно — при удалении адсорбированной влаги. В результате термографических исследований, проведенных авторами ранее, были определены количества влаги разных форм и видов связи, содержащейся в коре ели и ее составляющих и вычислены также значения удельных теплот испарения, соответствующих этим видам влаги (см. таблицу)

$$Q_{\text{и}} = \sum L_i W_i = \int_{W_{\text{ад. п}}}^{W_1} L_i W_i, \quad (5)$$

где L_i — удельная теплота испарения влаги соответствующего вида (макропор, микропор, адсорбированной влаги), МДж/кг;
 W_1 — полная влагоемкость, %;
 $W_{\text{ад. п}}$ — влагосодержание адсорбированного полислоя, %.

Графически значение $Q_{\text{и}}$ представлено площадью фигуры, ограниченной на рис. 2 кривой $L = f(W)$, осью влагосодержания и значениями влагосодержания W : начальным, равным полной влагоемкости W_1 , и конечным, равным 12 %, что соответствует влаге адсорбированного полислоя. Для удобства графического интегрирования выражение (5) можно представить в виде

$$Q_{\text{и}} = Q_{\text{мак}} + Q_{\text{мик}} + Q_{\text{ад. п}} = L_{\text{мак}} W_{\text{мак}} + L_{\text{мик}} W_{\text{мик}} + L_{\text{ад. п}} W_{\text{ад. п}}. \quad (6)$$

Здесь $Q_{\text{мак}}$, $Q_{\text{мик}}$, $Q_{\text{ад. п}}$ — значения теплоты испарения влаги соответственно макропор, микропор, адсорбированного полислоя, МДж;

теплота испарения МДж/кг		Истинная теплота испарения $Q_{и}$ МДж/кг	Теплота испарения свободной влаги $Q_{и.с.}$ МДж/кг	Абсолютная ошибка A , МДж/кг	Относительная ошибка, K , %
полислоя $L_{ад.п}$	монослоя $L_{ад.м}$				
3,06	4,26	5,03	4,49	0,54	10,7
3,16	4,06	5,06	4,81	0,25	4,9
3,96	4,96	5,40	4,56	0,84	15,6

$W_{мак}$, $W_{мик}$, $W_{ад.п}$ — количества влаги соответственно макропор, микропор, адсорбированного полислоя (расчет проводили до влагосодержания 12 %).

В таблице представлены рассчитанные по уравнению (6) значения теплоты испарения влаги $Q_{и}$, для сравнения даны значения $Q_{и.с.}$, рассчитанные по формуле (2). Приведены также абсолютная A и относительная K ошибки, возникающие при расчетах $Q_{и}$ без учета возрастания истинных значений удельных теплот испарения влаги.

В результате исследований, проведенных с применением электрокалориметрического метода, определены истинные значения удельной теплоты испарения влаги при сушке коры ели и ее составляющих. Установлено, что при расчетах количества теплоты $Q_{и}$ по обычной методике возникает относительная ошибка K порядка 4,9...15,6 %, что связано с возрастанием удельной теплоты испарения связанной влаги.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Веретенник Д. Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 120 с. [2]. Вукалович М. П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.— М.: Энергия, 1967.— 211 с. [3]. Казанский М. Ф., Луцык Р. В., Казанский В. М. Определение удельных теплот испарения жидкости из дисперсных тел в широком диапазоне температур // Инж.-физ. журн.— 1966.— Т. 11, № 5.— С. 587—594. [4]. Касаткина А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.— М.: Химия, 1971.— 784 с. [5]. Ломазов В. Л., Громов В. Г., Миллер В. М. Исследования процесса сушки коры ели // Промышленная теплотехника.— 1985.— Т. 7. [6]. Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Егоров А. И. Устройство для подсушки и сжигания отходов // Лесн. пром-сть.— 1981.— № 6.— С. 24—25.

Поступила 7 января 1986 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

ИЗУЧЕНИЕ
РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ОСНОВНЫХ ГРУПП
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА
ОТ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКИ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫЛ. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, И. В. ПОЛЯНСКАЯ,
Т. И. ПРОХОРЧУК, А. И. КИПРИАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Эксперименты по выращиванию лесопосадочного материала хвойных пород в теплицах и питомниках открытого грунта Ленинградской обл. с применением предпосевной обработки семян препаратами на основе отработанных щелоков сульфат-целлюлозного производства показали, что разбавленные растворы полуупаренных черных щелоков стимулируют рост сеянцев сосны и ели [3, 4]. В связи с тем, что органические вещества черных щелоков представляют собой смесь соединений различных классов, следовало выявить из их числа группы и компоненты, ответственные за рострегулирующие свойства, с целью получения на основе щелоков высокоэффективных стимуляторов роста.

В лабораторных условиях изучали рострегулирующую активность полуупаренных черных щелоков, отобранных 28.01.85 г. и 18.03.85 г. с листового и хвойного потоков Котласского ЦБК соответственно, а также основных групп органических соединений, выделенных из первого щелока. Исследования проведены с помощью биологического теста на проращивание семян сосны и ели, обработанных растворами препаратов в фазу набухания. Лиственный щелок плотностью 1 179 кг/м³ содержал 30,7 % сухих веществ, из них 15,3 % органических; хвойный щелок плотностью 1 174 кг/м³ содержал соответственно 29,9 и 18,5 %.

Органические вещества щелока разделили по известной схеме [1] на нелетучие эфирно- и водорастворимые вещества и лигнин. Первая группа включает фенольные соединения (фенолы, альдегидо- и кетофенолы, фенолкарбоновые кислоты, фенолоспирты, олигомеры и другие ароматические соединения), высшие жирные и смоляные кислоты, нейтральные вещества. Эту группу разделили путем последовательной обработки эфирного экстракта бикарбонатом натрия, 5 %-ным раствором едкого калия и выделением из щелочного раствора веществ, осаждаемых хлористым барием [5].

В результате получены эфирно- и бутанолорастворимые фенолосодержащие фракции бикарбонатной и щелочной вытяжек, эфирно- и бутанолорастворимые фракции высших жирных и смоляных кислот и нейтральные вещества. Нелетучие водорастворимые вещества, содержащие оксикислоты и их лактоны с примесью нейтральных соединений углеводного происхождения, разделили на две фракции на основании различий их кислотности: оксикислоты, выделенные при pH 4 (ОК-4), и оксикислоты, выделенные при pH 1 (ОК-1).

Массовая доля указанных групп органических соединений щелока приведена в табл. 1, 2.

Кроме того, из подкисленного щелока после удаления эфирорастворимых веществ и лигнина выделена фракция водорастворимых веществ в смеси с неорганическими солями, условно названная «фильтратом» черного щелока.

Испытание полученных фракций эфирно- и водорастворимых соединений на рострегулирующую активность проведено путем проращивания семян сосны и ели, обработанных растворами фракций в фазу набухания. Концентрацию их варьировали от 10⁻² до 10⁻⁶ % (в пересчете на содержание органических веществ). Семена ели европейской (*Picea excelsa* L.) и сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) замачивали в растворе препарата в течение 24 ч, затем промывали проточной водой, заливали на 40 мин 10 %-ным раствором перекиси водорода для обеззараживания покровов, после чего тщательно промывали проточной водой. Семена для контрольных опытов замачивали на сутки в воде, затем промывали и обрабатывали перекисью водорода, как описано выше. Опытные и контрольные семена помещали по 70 шт. (каждый ва-

Таблица 1

Результаты группового разделения органических веществ полуупаренных черных щелоков (ЧЩ) лиственного и хвойного потоков Котласского ЦБК

Группа соединений	% от массы органических веществ	% от массы черного щелока
Нелетучие эфирорастворимые вещества	18,0	2,7
	17,5	3,0
Осаждаемый лигнин	50,4	7,5
	54,3	9,4
В том числе основная фракция	46,0	6,9
	50,6	8,8
мелкодисперсная	0,2	—
	0,1	
водорастворимая	4,2	0,6
	3,6	
Нелетучие водорастворимые вещества	29,6	4,4
	25,3	
В том числе выделенные при pH 4,0	14,9	2,2
	12,0	2,1
» » » 1,0	11,8	1,8
	11,4	2,0
оставшиеся с неорганическими солями	2,9	0,4
	1,9	0,3

Примечание. В числителе — данные для ЧЩ лиственного потока; в знаменателе — для ЧЩ хвойного потока.

риант в трех повторностях) на семислойные марлевые фильтры на дно стеклянных сосудов (вместимостью 800 мл, высотой 12 см, диаметром 9 см) и заливали 15 мл воды. Сосуды покрывали чашками Петри и оставляли на 20 дней для проращивания при освещении люминисцентными лампами. Ежедневно сосуды открывали на 15 мин. На 21-е сутки измеряли длину корня, гипокотыля, семядоли, определяли биомассу проростков. Рострегулирующую активность препаратов оценивали путем сравнения средних биометрических показателей опытных и контрольных проростков. Полученные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа [2]. Вычисления выполнены на ЭВМ «Наири-2».

Результаты опытов показали, что испытанные фракции щелока проявляют рострегулирующую активность, ингибируя или стимулируя рост проростков сосны и ели. Ингибирующие свойства проявили фракции смоляных и жирных кислот при концентрации 10^{-2} % и бутанолорастворимая фенолосодержащая фракция бикарбонатной вытяжки при той же концентрации. Статистически достоверное положительное действие на рост проростков ели оказали фенолосодержащие фракции (эфиро- и бутанолорастворимые щелочной вытяжки, эфирорастворимая бикарбонатной вытяжки), бутанолорастворимая фракция высших жирных и смоляных кислот, эфирорастворимые нейтральные соединения и оксикислотные фракции (ОК-4, ОК-1, ФЧЩ). Ростстимулирующая активность указанных фракций проявляется в области концентраций $10^{-3} \dots 10^{-5}$ % (табл. 3).

Действие эфирорастворимой фенолосодержащей фракции щелочной вытяжки на семена ели сказалось в усилении роста корня и ассимиляционного аппарата: прирост длины корня составил 20...60 %, семядоли — около 20 % по отношению к контролю. Действие бутанолорастворимой фенолосодержащей фракции щелочной вытяжки проявилось в усилении развития семядоли: длина ее увеличилась на 10 % и

Таблица 2

Результаты группового разделения
нелетучей части эфирорастворимых веществ
полуупаренных ЧЩ листовного и хвойного
потоков Котласского ЦБК

Группа соединений	% от массы эфиро- раство- римых веществ	% от массы органи- ческих веществ
Вещества, извлекаемые насыщенным раство- ром бикарбоната натрия	<u>68,1</u> 57,4	<u>13,7</u> 10,0
В том числе эфирорастворимые	<u>46,5</u> 38,3	<u>9,4</u> 6,7
бутанолорастворимые	<u>21,6</u> 19,1	<u>4,3</u> 3,3
Вещества, извлекаемые 5 %-ным раствором КОН	<u>6,0</u> 17,6	<u>1,2</u> 3,1
В том числе эфирорастворимые	<u>4,0</u> 10,4	<u>0,8</u> 1,8
бутанолорастворимые	<u>2,0</u> 7,2	<u>0,4</u> 1,3
Высшие жирные и смоляные кислоты	<u>6,6</u> 12,0	<u>1,3</u> 2,1
В том числе эфирорастворимые	<u>4,5</u> 5,8	<u>0,9</u> 1,0
бутанолорастворимые	<u>2,1</u> 6,2	<u>0,4</u> 1,1
Нейтральные вещества	<u>7,1</u> 5,6	<u>1,4</u> 1,0

Примечание. В числителе — данные для ЧЩ листовного
потока; в знаменателе — для ЧЩ хвойного потока.

более. Бутанолорастворимая фракция высших жирных и смоляных кислот стимулировала рост всех основных органов проростков ели в среднем на 15 %. Эфирорастворимые нейтральные вещества способствовали усилению роста корня и семядоли. Прирост длины корня в этих опытах составил 17 %, семядоли — 10...18 %. Усиление роста проростков закономерно вызывает увеличение их биомассы в среднем на 10 % по отношению к контролю. Фракция алифатических водорастворимых соединений, условно названная фильтратом и выделенная из хвойного полуупаренного щелока, проявила наибольшую ростстимулирующую активность, оказав статистически достоверное положительное влияние на все основные органы проростков ели. В опытах с применением этой фракции удлинение корня, гипокотыля и семядоли, по отношению к контролю, составило соответственно 10...20, 6...7, 10 %. Из двух испытанных щелоков листовного и хвойного последний положительно влияет на рост корня проростков ели, способствуя удлинению его на 20 %.

Опыты на сосне показали, что отдельные группы органических соединений избирательно воздействуют на органы проростков. Так, растворы оксикислот, бутанолорастворимой фракции высших жирных и смоляных кислот, фильтрата хвойного щелока в концентрации 10^{-4} ... 10^{-5} % оказали статистически достоверное положительное влияние на рост корня. Удлинение его по отношению к контролю соста-

Таблица 3

Результаты проращивания семян

Фракция органических соединений щелока	Концентрация раствора фракции, %	Средние биометрические показатели проростков					
		Длина корня		Длина гипокотыля		Длина семядоли	
		мм	%	мм	%	мм	%
ЭР фенолосодержащая фракция щелочной вытяжки	10^{-3}	$13,9 \pm 0,7$	125	$32,8 \pm 0,7$	99	$13,6 \pm 0,4$	111
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-4}	$14,1 \pm 0,5$	127	$32,0 \pm 0,7$	96	$13,7 \pm 0,4$	111
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-5}	$17,5 \pm 0,7$	158	$33,6 \pm 0,6$	101	$15,0 \pm 0,3$	122
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-6}	$13,7 \pm 0,5$	123	$33,3 \pm 0,5$	100	$14,8 \pm 0,4$	120
	—	—	—	—	—	—	—
	—	$11,1 \pm 0,5$	100	$33,2 \pm 0,7$	100	$12,3 \pm 0,4$	100
ЭР фенолосодержащая фракция бикарбоната натрия вытяжки	10^{-3}	$13,6 \pm 0,5$	101	$33,3 \pm 0,5$	97	$14,6 \pm 0,4$	112
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-4}	$12,9 \pm 0,5$	96	$32,4 \pm 0,6$	94	$13,4 \pm 0,4$	103
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-5}	$13,1 \pm 0,4$	97	$34,4 \pm 0,5$	100	$13,8 \pm 0,4$	106
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-6}	$14,8 \pm 0,7$	110	$33,7 \pm 0,7$	98	$14,9 \pm 0,6$	115
	—	—	—	—	—	—	—
	—	$13,5 \pm 0,4$	100	$34,4 \pm 0,5$	100	$13,0 \pm 0,3$	100
БР фенолосодержащая фракция щелочной вытяжки	10^{-2}	$18,6 \pm 0,8$	100	$41,8 \pm 0,7$	100	$13,5 \pm 0,2$	100
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-3}	$18,6 \pm 0,7$	100	$43,6 \pm 0,6$	105	$14,0 \pm 0,2$	104
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-4}	$20,8 \pm 0,7$	112	$42,5 \pm 0,5$	102	$14,8 \pm 0,2$	110
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-5}	$21,6 \pm 0,7$	116	$43,3 \pm 0,6$	104	$15,3 \pm 0,2$	113
	—	—	—	—	—	—	—
	—	$18,6 \pm 0,7$	100	$41,6 \pm 0,5$	100	$13,5 \pm 0,2$	100
БР фракция жирных и смоляных кислот	10^{-2}	$19,4 \pm 0,8$	98	$41,4 \pm 0,7$	100	$14,0 \pm 0,3$	103
	—	—	—	—	—	—	—
	10^{-3}	$18,8 \pm 0,7$	95	$41,8 \pm 0,6$	101	$14,9 \pm 0,3$	110
	—	$11,0 \pm 0,9$	106	$46,2 \pm 1,1$	103	$21,3 \pm 0,7$	99
	10^{-4}	$23,8 \pm 0,9$	120	$43,0 \pm 0,5$	104	$15,1 \pm 0,3$	111
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—
	—	$10,4 \pm 0,6$	100	$46,5 \pm 0,9$	103	$18,8 \pm 0,7$	87
	10^{-5}	$23,0 \pm 0,7$	116	$44,6 \pm 0,5$	108	$15,9 \pm 0,2$	117
	—	$13,2 \pm 0,6$	127	$45,4 \pm 0,8$	101	$22,5 \pm 0,8$	105
	—	$19,8 \pm 0,8$	100	$41,2 \pm 0,8$	100	$13,6 \pm 0,3$	100
	—	$10,4 \pm 0,7$	100	$45,0 \pm 1,0$	100	$21,5 \pm 0,6$	100

Продолжение табл. 3

Фракция органических соединений щелока	Концентрация раствора фракции, %	Средние биометрические показатели проростков						
		Длина корня		Длина гипокотыля		Длина семядоли		
		мм	%	мм	%	мм	%	
ОК-1	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-3}	$14,6 \pm 0,8$	114	$35,2 \pm 0,6$	96	$19,2 \pm 0,6$	100	
	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-4}	$16,1 \pm 0,8$	126	$38,9 \pm 0,8$	106	$21,3 \pm 0,5$	111	
	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-5}	$13,8 \pm 0,6$	108	$35,9 \pm 0,5$	98	$17,7 \pm 0,4$	92	
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—	
	—	$12,8 \pm 0,6$	100	$36,7 \pm 0,7$	100	$19,2 \pm 0,4$	100	
	ФЧЩ хвойного потока	10^{-2}	$28,3 \pm 0,7$	124	$47,7 \pm 0,4$	107	$15,5 \pm 0,2$	109
		—	—	—	—	—	—	—
		10^{-3}	$27,2 \pm 0,6$	119	$46,7 \pm 0,5$	106	$15,9 \pm 0,2$	112
		—	$12,3 \pm 0,6$	118	$44,2 \pm 0,7$	97	$21,0 \pm 0,5$	—
10^{-4}	$25,6 \pm 0,7$	112	$47,4 \pm 0,6$	107	$16,0 \pm 0,2$	113		
—	$11,1 \pm 0,6$	107	$46,6 \pm 0,8$	102	$20,7 \pm 0,5$	110		
10^{-5}	$23,8 \pm 0,7$	104	$44,9 \pm 0,7$	102	$15,4 \pm 0,2$	108		
—	$10,8 \pm 0,6$	104	$47,8 \pm 0,8$	105	$21,5 \pm 0,5$	114		
Вода (контроль)	—	$22,9 \pm 1,0$	100	$44,1 \pm 0,5$	100	$14,2 \pm 0,2$	100	
	—	$10,4 \pm 0,5$	100	$45,7 \pm 0,6$	100	$18,8 \pm 0,5$	100	
ФЧЩ листовного потока	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-3}	$7,9 \pm 0,4$	90	$36,3 \pm 0,8$	97	$17,1 \pm 0,5$	99	
	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-4}	$12,6 \pm 0,5$	143	$38,8 \pm 0,6$	104	$21,0 \pm 0,4$	122	
	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-5}	$10,2 \pm 0,5$	116	$40,5 \pm 0,7$	108	$18,8 \pm 0,5$	109	
Вода (контроль)	—	—	—	—	—	—	—	
	10^{-6}	$9,8 \pm 0,4$	111	$38,8 \pm 0,6$	104	$17,8 \pm 0,4$	103	
	—	—	—	—	—	—	—	
	—	$8,8 \pm 0,5$	100	$37,4 \pm 0,7$	100	$17,2 \pm 0,5$	100	

Примечание. В числителе — данные для семян ели; в знаменателе — для семян сосны; ЭР — эфирорастворимый; БР — бутанолорастворимый; ЧЩ — черный щелок; ФЧЩ — фильтр черного щелока; ОК-4 — оксикислоты, выделенные при pH 4; ОК-1 — при pH 1.

вило 20...40 % (табл. 3). Растворы эфирорастворимой фенолосодержащей фракции бикарбонатной вытяжки (концентрация 10^{-3} %), ОК-1 (10^{-4} %), фильтрата листовного щелока (10^{-4} %) и фильтрата хвойного щелока (10^{-3} ... 10^{-5} %) стимулировали развитие ассимиляционного аппарата. Прирост длины семядоли в опытах с этими фракциями составил 10...20 %. Из двух испытанных щелоков ростстимулирующую активность по отношению к сосне проявил листовный щелок, способствующий развитию семядоли. Длина ее превысила контроль более чем на 10 %.

В заключение следует сказать, что ростстимулирующие свойства черных сульфатных щелоков обусловлены присутствием в их составе

фенольной и оксикислотной групп. Стимуляционный эффект этих групп проявляется в разной степени в зависимости от породы древесины. Наибольшую активность по отношению к ели проявляют фенольные фракции и фильтрат хвойного щелока, по отношению к сосне — оксикислотные фракции и фильтраты хвойного и лиственного щелоков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водорастворимые вещества сульфатных щелоков. 1. Исследование качественного состава водорастворимых черных щелоков, полученных при варке древесины лиственных пород / Л. В. Косюкова, Н. В. Галянова, Л. П. Полякова и др. // Химия древесины.— 1981.— № 5.— С. 82—87. [2]. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 102 с. [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]. 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). [5]. Эфирорастворимые вещества сульфатных черных щелоков. 1. Исследование состава низкомолекулярных фенольных компонентов / Л. В. Косюкова, Л. Д. Низякова, А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук // Химия древесины.— 1980.— № 3.— С. 81—86.

Поступила 15 декабря 1986 г.

УДК 630*86:547.673.1

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРИСУТСТВИИ АНТРАХИНОНА

И. П. ДЕЙНЕКО, А. Б. НИКАНДРОВ

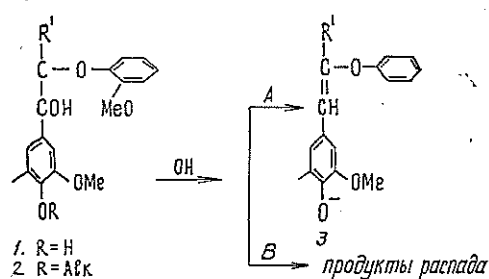
Ленинградская лесотехническая академия

Исследования на модельных объектах и на древесине [2, 3, 6] позволили сделать вывод, что ускорение щелочной варки в присутствии антрахинона (АХ) связано с каталитическим действием восстановленной формы катализатора на деструкцию лигнина. Но поскольку увеличение скорости процесса при добавлении катализатора обычно является следствием снижения «энергии активации» химической реакции, то требуют объяснения экспериментальные данные о влиянии температуры на антрахиноновую варку [9, 13, 14].

Из этих данных следует, что присутствие АХ в варочной системе не только не приводит к снижению энергии активации, а, напротив, несколько увеличивает ее.

При рассмотрении причины такого необычного влияния катализатора на энергию активации щелочной варки следует обратить внимание на то, что в отмеченных работах влияние температуры на скорость делигнификации изучали, используя эффективные константы скорости, характеризующие весь варочный процесс. Поскольку катализ делигнификации, вероятно, обеспечивается увеличением скорости разрыва β -эфирных связей в фенольных фрагментах лигнина [6], то можно предположить, что каталитическое действие АХ будет, в основном, проявляться в самом начале варочного процесса. Такое заключение следует как из результатов исследований на модельных соединениях [10, 12], так и из работ по делигнификации древесины в присутствии катализаторов [1, 7].

Известно, что при щелочной варке фенольные структуры лигнина с β -эфирной связью претерпевают превращения по двум направлениям [4, 8]:



В условиях натронной варки скорость реакции *B* ($R = H$) невелика, поэтому в лигнине происходит образование из фрагментов *1* сравнительно малореакционноспособных виниловых эфиров *3* (реакция *A*). Делигнификация же в данном случае обеспечивается, в основном, разрывом β -эфирных связей в структурах *2* [4, 8]. Введение катализатора в систему ускоряет реакцию *B* ($R = H$) [11], и распад структур *1*, как уже отмечалось, будет происходить в самом начале варочного процесса. На основной же стадии делигнификации антрахинонной варки растворение лигнина, как и при натронной варке, будет определяться разрывом β -эфирных связей в структурах *2*. Этим, по-видимому, и объясняется близость значений энергии активации для катализированного и некатализированного процессов, полученных из температурной зависимости величин эффективной константы скорости щелочной варки [9, 13, 14]. Небольшое увеличение энергии активации в присутствии АХ, очевидно, связано с тем, что в некатализированной варке скорость пре-

Таблица 1

Влияние температуры на щелочную варку еловых опилок (12,5 г/л NaOH, гидромодуль 20)*

Температура варки, °С	Продолжительность варки, мин	Выход древесного остатка, %		Содержание экстрактивных веществ, %		Содержание лигнина, %	
		Без АХ	1 % АХ	Без АХ	1 % АХ	Без АХ	1 % АХ
160	120	73,0	68,0	0,68	1,09	26,8	18,1
	180	70,8	62,7	0,76	0,92	26,1	14,0
	240	69,6	62,4	0,73	0,83	25,5	13,2
	300	68,9	61,0	0,57	0,67	24,7	12,6
	420	66,8	58,3	0,65	0,66	23,9	10,4
165	60	73,0	68,2	0,76	0,62	26,3	17,8
	120	70,1	61,8	0,75	0,88	24,7	13,1
	180	67,3	59,6	0,67	0,61	23,8	11,7
	240	65,1	55,9	0,66	0,75	23,0	7,8
	360	62,8	53,0	0,58	0,47	21,8	5,3
170	30	73,2	68,0	0,63	0,55	26,3	18,6
	60	70,0	63,6	0,68	0,61	24,9	15,1
	120	66,3	56,7	0,63	0,58	23,1	9,9
	180	63,1	54,0	0,60	0,50	20,9	7,1
	300	60,0	51,6	0,53	0,34	18,8	5,1
175	60	68,5	59,4	0,75	0,88	24,0	11,3
	120	61,0	54,0	0,04	0,75	19,1	0,6
	180	59,0	51,3	0,71	0,57	17,9	4,5
	300	55,7	49,6	0,54	0,79	15,8	3,4

* Эксперимент выполнен и результаты обработаны аналитично [3].

вращения структур 1, по-видимому, не так велика и определенный, хотя и небольшой, вклад в общий процесс делигнификации вносит реакция В, энергия активации которой, скорее всего, ниже энергии активации разрыва β -эфирных связей в структурах типа 2. В присутствии же АХ структуры 1 полностью расходуются в начале варки и энергия активации процесса, в основном, определяется энергией активации реакции деструкции фрагментов лигнина с этерифицированным фенольным гидроксидом. Из вышесказанного следует, что на основной стадии делигнификации влияние температуры на скорость щелочной варки как в присутствии катализатора, так и без него, должно быть примерно одинаковым, а на начальной стадии влияние температуры на катализируемый процесс должно быть меньше, чем на некатализируемый.

Для подтверждения данного заключения были проведены серии варок еловых опилок (0,25...0,50 мм) в изотермическом режиме при отличающихся для каждой серии температурах (160...175 °С) как в присутствии АХ (1,0 %), так и без него (табл. 1). Из результатов эксперимента были определены начальные скорости делигнификации и найдены температурные коэффициенты [5]

$$\alpha(T) = \frac{v(T+10)}{v(T)}$$

Таблица 2

Влияние температуры на величину начальной скорости делигнификации

Скорость делигнификации $v \cdot 10^3$, г/л · с	Температура, °С				Температурный коэффициент		Энергия активации, кДж/моль
	160	165	170	175	$\frac{v(170)}{v(160)}$	$\frac{v(175)}{v(165)}$	
v_n	4,2	5,6	8,0	9,5	1,9	1,7	87,0
v_o	12,7	15,3	18,5	21,9	1,5	1,4	59,4
v_k	8,4	9,7	10,5	12,4	1,2	1,3	42,1

В табл. 2 показано влияние температуры на начальную скорость делигнификации. Из данных табл. 2 видно, что делигнификация в отсутствие катализатора имеет температурный коэффициент, приближающийся к двум. При проведении же процесса с АХ температурный коэффициент заметно ниже, что связано с низким температурным коэффициентом каталитической стадии, скорость которой определяли по следующему уравнению:

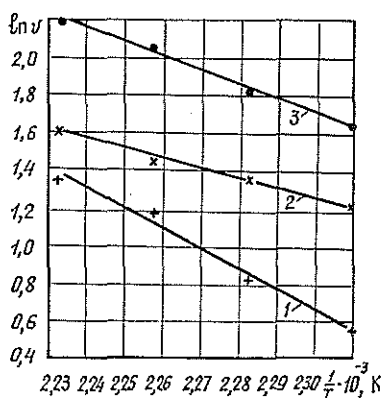
$$v_k = v_o + v_n.$$

Здесь v_k — начальная скорость каталитической стадии;
 v_o — начальная скорость процесса в присутствии АХ;
 v_n — начальная скорость делигнификации без АХ.

Зависимость $\ln v$ от $1/T$ в области исследуемых температур прямолинейна (см. рис.), что использовано нами для расчета энергии активации процесса. Из данных табл. 2 видно, что энергия активации для каталитической стадии делигнификации (42,1 кДж/моль) более чем в два раза ниже по сравнению с некатализируемым процессом.

Таким образом, полученные результаты, свидетельствующие о снижении энергии активации начальной стадии процесса в присутствии АХ,— прямое подтверждение его роли в системе как катализатора делигнификации и косвенно указывают, что наблюдаемое ускорение щелочной варки связано с разрывом β -эфирных связей в фенольных фрагментах лигнина.

Арренусовская зависимость для начальной стадии делигнификации: 1 — делигнификация в отсутствие АХ; 2 — каталитическая стадия делигнификации; 3 — делигнификация с 1,0 % АХ



ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гермер Э. И., Галузин Н. Г. Действие антрахинона на основных стадиях натронно-антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1982.— № 5.— С. 31—35. [2]. Дейнеко И. П., Никандров А. Б. Влияние концентрации антрахинона на скорость делигнификации древесины // *Химия древесины*.— 1985.— № 5.— С. 108—110. [3]. Дейнеко И. П., Никандров А. Б. Изучение кинетики делигнификации древесины в присутствии антрахинона // *Химия древесины*.— 1987.— № 2.— С. 44—50. [4]. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвиг / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 623 с. [5]. Панченков Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ.— М.: Химия, 1985.— 592 с. [6]. Шевченко С. М., Дейнеко И. П. Химия антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1983.— № 6.— С. 3—32. [7]. Шевченко С. М., Никандров А. Б., Дейнеко И. П. Влияние формы введения катализатора на эффективность антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1986.— № 4.— С. 41—44. [8]. Шорыгина Н. Н., Резников В. М., Елкин В. В. Реакционная способность лигнина.— М.: Наука, 1976.— 368 с. [9]. Bolker H. I., Abbot I. Kinetics and chemistry of alkaline delignification // *International Symposium on Wood and Pulping Chemistry*.— Japan, 1983, May 23—27.— V. 5.— P. 12—18. [10]. Вгйнов G., Poppins K. A. Cleavage of B-aryl ether bonds in phenolic lignin model compounds with anthraquinone (anthrahydroquinone) and anthrone // *Acta Chem. Sc.*— 1982.— V. B. 36.— P. 377—379. [11]. Obst J. R., Landucce L. L., Sanyer N. Quinone in alkaline pulping. B-ether cleavage of free phenolic units in lignin // *Tappi*.— 1979.— V. 62, N 1.— P. 55—59. [12]. Obst J. R., Sanyer N. Effect of quinones and amines on the cleavage rate of B-0-4 ethers in lignin during alkaline pulping // *Tappi*.— 1980.— V. 63, N 7.— P. 111—114. [13]. Surewicz W., Wandelt P. Schwefelfreie Verfahren beim Holzaufschluss zu Zellstoff // *Zellstoff und Papier*.— 1981.— Lig. 30, N 3.— S. 106—108. [14]. Wandelt P., Surewicz W. Soda-anthraquinone pulping of pine wood // *Paperi ja Puu*.— 1980.— V. 62, N 11.— S. 709—711.

Поступила 10 мая 1986 г.

УДК 62-493:661.728

О РОЛИ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В ЦБП

Д. Д. МАЦКЕВИЧ, Б. Е. ВЬЮКОВ

ВНПОбумпром

Известно, что наибольший выход целлюлозы при варке и наилучшее ее качество могут быть получены при строго одинаковых размерах всех частиц технологической щепы, поскольку единообразие размеров обеспечивают наибольшую равномерность протекания процесса пропитки древесины щепы реагентом и минимальный процент непровара.

Однако на практике размеры частиц щепы, производимой рубильными машинами, существенно варьируют. В зависимости от состояния машины и качества балансов при рубке образуется большее или меньшее количество чрезмерно измельченной древесины, так называемых «опилок». Эти опилки, так же как и крупные куски древесины, отсортировывают. Однако даже после сортировки щепы изменчивость размеров ее частиц остается большой. Вариационный коэффициент толщины и длины частиц щепы достигает 80 % и более.

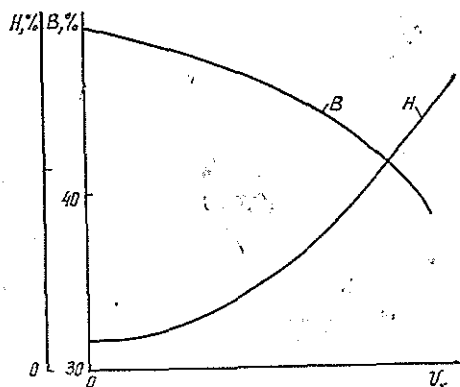
В принципе можно разработать более совершенные рубильные машины, сортировочные устройства, устройства доизмельчения крупной фракции щепы, которые уменьшили бы изменчивость размеров частиц щепы. Это потребует, естественно, больших затрат, и чем больше эти затраты.

Возникает вопрос, до какой степени однообразия размеров частиц щепы экономически целесообразно проводить усовершенствование машин и технологических процессов ее производства.

Изменчивость размеров технологической щепы можно уменьшить двумя путями: 1) совершенствуя отдельные этапы технологического процесса подготовки древесины и отдельные типы используемого при этом оборудования при сохранении неизменными прочих составляющих процесса, например, совершенствование процесса сортировки щепы с ужесточением допуска на отступление размеров частиц от принятой нормы, совершенствование процесса доизмельчения крупной фракции щепы при сохранении ранее используемых рубильных машин и технологии подготовки балансов к рубке; 2) совершенствованием всего процесса подготовки древесины к варке и в первую очередь — самой рубильной машины. Второй путь, очевидно, более эффективен, поскольку дает возможность не только снижения изменчивости размеров частиц щепы, подаваемой на варку, но и уменьшения потерь древесины в виде отсортировываемой мелкой фракции (опилок).

В данной работе рассмотрим влияние изменчивости размеров частиц щепы на эффективность процесса производства целлюлозы.

С ростом изменчивости размеров частиц щепы непровар должен возрастать, а выход целлюлозы из того же количества древесного сырья должен уменьшаться, как представлено схематически на рисунке. Очевидно, стоимость мероприятий по уменьшению изменчивости размеров частиц щепы должна быть не больше суммарной стоимости потерь из-за уменьшения выхода целлюлозы и снижения ее качества вследствие непровара. В противном случае эти мероприятия будут нерентабельны,



Зависимость величин непровара H и выхода целлюлозы B от изменчивости размеров частиц технологической щепы v_x

т. е. условие рентабельности мероприятий по снижению изменчивости частиц щепы выражается неравенством:

$$C_m(V_x) \leq \Delta BC_{ц} + \Delta C_{ц}(H), \quad (1)$$

где $C_m(V_x)$ — удельная стоимость мероприятий по снижению изменчивости размеров частиц щепы, представляющая собой некоторую функцию от коэффициента вариации V_x их размеров;

ΔB — снижение относительного выхода целлюлозы против возможного, связанное с растворением части готовой целлюлозы из-за необходимости продолжать варку для делигнификации более крупных частиц щепы, в то время как мелкие частицы уже делигнифицированы.

Это снижение относительного выхода целлюлозы выражается равенством

$$\Delta B = \frac{B_N - B_{\phi}}{100}. \quad (2)$$

Здесь B_N — номинально возможный выход целлюлозы, %, при правильной варке щепы, частицы которой имеют одинаковые размеры;

B_{ϕ} — фактический выход целлюлозы, %, при варке щепы, частицы которой имеют различные размеры, характеризуемые коэффициентом вариации V_x ;

$C_{ц}$ — стоимость (цена) 1 т выработанной целлюлозы, р.;

$\Delta C_{ц}(H)$ — уменьшение стоимости (цены) целлюлозы из-за снижения ее качества вследствие непровара.

Это снижение представляет собой некоторую функцию от количественного выражения непровара, которое оценивается сорностью целлюлозы.

Изменение качества целлюлозы выражается изменением ее марки или сорта. Поэтому функцию $\Delta C_{ц}(H)$ рационально принять дискретной в виде разности цен на целлюлозу при переходе от номинально возможного высшего сорта с ценой $C_{цN}$ к более низкому сорту с ценой $C_{ц}$ в случае, когда фактическая сорность из-за непровара H_{ϕ} превышает пределы, устанавливаемые ГОСТом или техническими условиями, т. е.:

$$\Delta C_{ц}(H) = C_{цN} \Big|_{H < H_{пр}} - C_{ц} \Big|_{H_{\phi} > H_{пр}}. \quad (3)$$

Зависимость затрат по уменьшению изменчивости размеров щепы от величины этой изменчивости должна быть нелинейной и, вероятно, гиперболической, поскольку $C_m(V_x) \rightarrow \infty$ при $V_x \rightarrow 0$ и наоборот $C_m(V_x) \rightarrow 0$ при $V_x \rightarrow \infty$:

$$C_m(V_x) = \frac{\beta}{V_x^{\alpha}}, \quad (4)$$

где β и α — постоянные, которые можно получить на основе накопленного опыта по разработке и применению соответствующих устройств для производства, сортировки и переработки технологической щепы.

При этом для каждого конкретного комплекса устройств, дающего щепу с некоторой характерной для него мерой изменчивости размеров V_x , удельная стоимость разработки, изготовления и эксплуатации определится выражением:

$$C_m | V_{x1} = \frac{(K + C_n)E_n + C_3}{Q_r} \quad (5)$$

Здесь K — капитальные вложения для изготовления комплекса устройств;

C_n — затраты на научные исследования и проектно-конструкторские работы при создании комплекса;

E_n — нормативный коэффициент эффективности, установленный для данной отрасли;

C_3 — годовые затраты на эксплуатацию при использовании комплекса;

Q_r — годовое производство целлюлозы, т.

По мере накопления опыта и, имея по крайней мере два значения C_{m1} и C_{m2} , соответствующие значениям V_{x1} и V_{x2} , можно, на основе уравнения (4), определить постоянные β и α из очевидных равенств:

$$\log \beta = \frac{\log C_{m1} \log V_{x2} - \log C_{m2} \log V_{x1}}{\log V_{x2} - \log V_{x1}} \quad (6)$$

и

$$\alpha = \frac{\log \beta - \log C_{m1}}{\log V_{x1}} \quad (7)$$

Общее условие оптимальности вариаций размеров щепы (1) при подстановке в него выражений (2)—(4) примет вид

$$\frac{B_N - B_\Phi}{100} C_{ц1} \Big|_{H_\Phi} + C_{ц1} \Big|_{H < H_{пр}} - C_{ц2} \Big|_{H_\Phi > H_{пр}} - \frac{\beta}{V_x^\alpha} \geq 0 \quad (8)$$

Рассмотрим одну из возможных практических ситуаций.

При производстве щепы из балансов III и IV сортов и обычном технологическом оборудовании, включающем в себя рубильную машину с ножами средней остроты и набор гирационных сортировок, толщина щепы, подаваемой на варку, имеет примерно следующие статистические характеристики: $\bar{x}_1 \approx 4$ мм, $\sigma_{x1} \approx 3$ мм, $V_{x1} \approx 75$ %. Стоимость этого оборудования с монтажно-строительными работами $K_1 \approx 100$ тыс. р. Затраты на разработку оборудования $C_{H1} = 0$, поскольку оно создано достаточно давно и затраты на его разработку уже давно окупились. Нормативный коэффициент $E_n = 0,15$. Затраты на эксплуатацию комплекса оборудования примем из расчета 3 чел. обслуживающего персонала с зарплатой в среднем по 150 р./мес при 100 % накладных расходов, т. е. $C_3 \approx 3 \cdot 150 \cdot 12 \cdot 2 = 10,8$ тыс. р. Объем производства Q_r примем равным примерно 100 тыс. т целлюлозы в год. Тогда по формуле (5) $C_{m1} \approx 0,26$ р./т.

При усовершенствованном технологическом процессе, включающем в себя новую, более совершенную рубильную машину (стоимость которой допустим равной 200 тыс. р.), набор вибрационных сортировок, устройство для сортировки щепы по толщине и устройство для донзмельчения крупной фракции щепы (общей стоимостью около 100 тыс. р.), при затратах на научные и конструкторские работы $C_{H2} \approx 100$ тыс. р. и эксплуатационных расходах $C_3 \approx 14,4$ тыс. р. (исходя из расчета обслуживающего персонала 4 чел.), удельная стоимость разработки, изготовления и эксплуатации оборудования $C_{m2} \approx 0,75$ р./т (по формуле (5)).

Допустим, что щена при этом имеет следующие статистические характеристики: $\bar{x}_2 \approx 4$ мм, $\sigma_{x2} \approx 2$ мм, $V_{x2} \approx 50$ %. Тогда по формуле (6) получим

$$\log \beta = \frac{\log 0,26 \log 50 - \log 0,75 \log 75}{\log 50 - \log 75} \approx 4,32;$$

$$\beta \approx 20,9 \cdot 10^3.$$

По формуле (7) вычислим

$$\alpha = \frac{4,32 + 0,585}{1,875} \approx 2,62.$$

Следовательно, уравнение (4) на основе опытных данных может быть конкретизировано. Например, для принятых нами значений уравнение приобретает вид:

$$C_M \approx \frac{20,9 \cdot 10^3}{V_x^{2,62}}$$

Основные характеристики целлюлозы из хвойной древесины

Беленая целлюлоза	ГОСТ	Марка	Назначение	Сорность — число сортинок на 1 м ² , но не более	Цена по прейскуранту № 08-01, р./т
Сульфатная	9571-79	АС-1	Для тонких прочных видов бумаги различного назначения	90	415
		БС	Для разных видов упаковочной бумаги и коробочного картона	120	370
Сульфитная	3914-74	А-II	Для бумаги — основы для мелования, ленты бумажной перфораторной	130	355
		Б-1	Для бумаги обложечной, бумаги для машинописи	210	320

Для сульфатной целлюлозы (некоторые характеристики ее приведены в таблице), принимая $B_N = 50\%$, $B_F = 48\%$, $C_{ц}/H_{ф} = C_{ц} = 370$ р./т и $C_{ц}/H < H_{пр} = 415$ р./т, получим условие оптимальности (8) в следующем виде:

$$\frac{50 - 48}{100} 370 + 415 - 370 \geq \frac{20,9 \cdot 10^3}{V_x^{2,62}}$$

или

$$V_x^{2,62} \geq \frac{20,9 \cdot 10^3}{52,4} = 398,7,$$

откуда $V_x \geq 9,8\%$.

Для сульфитной целлюлозы, характеристики которой даны в той же таблице, условие оптимальности (8) приводит к значению меры изменчивости размеров щепы $V_x \geq 10,8\%$.

Согласно приведенному примеру, экономически оправдано добиваться снижения коэффициента вариации размеров частиц технологической щепы V_x до значения, примерно равного 10%. Дальнейшее уменьшение этого коэффициента при принятых выше условиях нерентабельно.

Поступила 10 февраля 1986 г.

УДК 547.724.1.001

К КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ФУРФУРОЛА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

Фурфурол — один из важнейших товарных продуктов, получаемых при химической переработке растительного сырья, и на сегодня в мире нет иных промышленных способов получения фурфурола, которые базировались бы на другом сырье.

Советский Союз занимает одно из ведущих мест в мире по объему производства фурфурола, но потребности народного хозяйства в нем удовлетворяются далеко не полностью. Задача увеличения объема

производства фурфурола в стране сохраняет свою актуальность в течение ряда лет, и одна из причин ее медленного решения в том, что имеет место ограниченный подход к использованию сырья, технологических приемов и к конструктивному оформлению процессов. Есть основания полагать, что систематизация данных по сырьевым источникам и способам получения фурфурола поможет специалистам, конструкторам и проектировщикам в успешном решении этой задачи.

Автором на основе анализа научной и патентной литературы выявлены наиболее существенные признаки, определяющие технико-экономические показатели производства фурфурола, составлены классификации способов по этим признакам и составлена обобщенная схема классификации с учетом признаков в их совокупности.

Классификация способов получения фурфурола по сырьевым источникам

Имеется по крайней мере 4 группы сырьевых источников: 1) твердое пентозосодержащее сырье; 2) жидкое пентозан- и пентозосодержащее сырье; 3) фурфуролсодержащие растворы; 4) фурфуролсодержащие пары и газы.

К первой группе относятся все виды растительного сырья.

Вторая группа: гидролизаты растительного сырья, получаемые при обычном перколяционном гидролизе (наибольший интерес представляют головные фракции гидролизатов, содержащие преимущественно пентозы); предгидролизаты, образующиеся при подготовке древесной щепы к переработке на кордную целлюлозу; отработанные щелока от варок древесного сырья на целлюлозу с сульфитными варочными реагентами; гидролизно-спиртовая и сульфитно-спиртовая барда (содержат исключительно пентозные сахара). Ресурсы пентоз, содержащихся в гидролизатах, составляют около 200 тыс. т/год, а в отработанных сульфитных щелоках — около 100 тыс. т/год.

К третьей группе относятся, так же как и ко второй, гидролизаты и сульфитные щелока, поскольку они являются одновременно и растворами пентоз, и растворами фурфурола; фурфуролсодержащие конденсаты, образующиеся при испарительном охлаждении гидролизатов; выпарные конденсаты, образующиеся при упаривании сульфитных щелоков; жижка сухоперегонного производства. Ресурсы фурфурола, растворенного в гидролизатах, составляют около 55 тыс. т/год, а в сульфитных щелоках — около 13 тыс. т/год.

Четвертая группа: различные парогазовые выбросы гидролизных заводов (из инверторов, нейтрализаторов, сборников и т. д.). Общее количество фурфурола в выбросах — около 10... 15 тыс. т/год.

С видом используемого сырья связано определение способа получения фурфурола, его экономики, доступности или возможности широкого применения, удельных капиталовложений, энергоемкости и т. д. Следует отметить, что по многим показателям жидкое сырье (вторая группа) предпочтительнее, чем твердое; особый интерес представляет освоение такого сырья, как фурфуролсодержащие растворы, поскольку здесь технологическая схема значительно упрощается.

Из всех указанных сырьевых источников в СССР используют только растительное сырье и фурфуролсодержащие конденсаты гидролизных заводов, из чего следует вывод о наличии в стране весьма значительных резервов для увеличения объема производства фурфурола.

Классификация по виду используемого катализатора

Исходя из известных на сегодня катализаторов, применяемых в производстве фурфурола, все способы целесообразно разделить на сле-

дующие группы: автокаталитические; кислотно-катализируемые; окислительно-кислотно-катализируемые; оксидно-кислотно-катализируемые; катализируемые солями.

В автокаталитических способах реакции образования фурфурола осуществляются за счет каталитического действия муравьиной и уксусной кислот, которые, как известно, образуются при термическом воздействии на растительное сырье.

В кислотно-катализируемых способах в качестве катализатора используют преимущественно серную кислоту, хотя известны способы с применением соляной, сернистой, фосфорной, уксусной и других кислот.

Окислительно-кислотно-катализируемые способы основаны на обработке растительного сырья в присутствии одновременно и кислот, и окислителей, таких как азотная и надуксусная кислота, бром, перекись водорода. К этим способам следует, очевидно, отнести и разработанный в Институте химии древесины АН ЛатвССР способ получения фурфурола с использованием концентрированной серной кислоты.

Оксидно-кислотно-катализируемые способы разработаны лишь недавно [4, 5] и основаны на использовании в качестве катализатора растворов оксидов титана или циркония в серной кислоте, что существенно ускоряет процесс и увеличивает выход фурфурола.

Способы, катализируемые солями, также хорошо известны; набор предлагаемых в качестве катализаторов солей достаточно разнообразен — вплоть до солей морской воды. Наибольшее практическое применение нашли соли ортофосфорной кислоты.

Вид катализатора определяет применение того или иного способа и влияет не только на выход фурфурола и производительность процесса, но также на степень коррозии аппаратуры, степень деструкции целлюлозной части сырья и возможность использования этой части для производства другой (кроме фурфурола) продукции.

Классификация по виду энергоносителя, применяемого в процессе

Известны способы получения фурфурола с применением следующих энергоносителей: 1) водяной пар; 2) газообразные энергоносители (углекислый газ, азот, продукты пиролиза); 3) жидкий энергоноситель (перегретая вода); 4) твердый дисперсный энергоноситель.

Промышленное применение находит пока только водяной пар, хотя по стоимости он уступает другим энергоносителям. Применение газовых энергоносителей позволяет проводить процесс при атмосферном давлении и с высокой интенсивностью (см., например, [9]), но при этом усложняется стадия выделения фурфурола из потока энергоносителя. Использование твердых дисперсных энергоносителей представляет наибольший интерес при переработке жидкого сырья [6].

Классификация по типу реактора

Тип используемого реактора зависит от ряда факторов, в частности, от вида перерабатываемого сырья. Применительно к переработке твердого сырья на фурфурол предложены следующие типы реакторов: со стационарным слоем сырья; с перемещающимся или перемешиваемым слоем (например, в способе «Ског-Сево»); с псевдооживленным слоем [6]; с кипящим слоем [9]; с закрученным потоком движущегося сырья [3]; со встречными струями сырья в потоке пара или газа [1].

Промышленное применение нашли пока только первые два типа реакторов, но следует отметить, что в других типах процесс можно осуществлять значительно интенсивнее; так, если продолжительность процесса в реакторах первого типа составляет обычно несколько часов, то, например, в реакторе кипящего слоя она измеряется в минутах [9], а

в циклонном реакторе и в реакторе со встречными струями — в секундах. Из всех указанных типов реакторов особенно следует выделить последний; он существенно отличается от всех других тем, что во время протекания основного процесса сырье подвергается механическому измельчению, что ускоряет диффузию фурфурола (из частиц сырья в окружающую паровую фазу), которая является, согласно литературным данным, наиболее медленной, лимитирующей, стадией процесса. Поэтому при использовании данного типа реактора можно ожидать наибольшего выхода фурфурола из сырья.

Для переработки жидкого сырья предложены иные типы реакторов: полый реактор; каскадный реактор с модулем, состоящим из трубчатого нагревателя и испарителя [7]; выпарной аппарат [2]; колонный ректификационный аппарат [8]; реактор с виброоживленным слоем твердого дисперсного теплоносителя [6].

Классификация по режиму подачи сырья и выводу продуктов реакции

Все известные способы получения фурфурола можно разделить так:

- 1) сырье поступает в реактор периодически, и все продукты реакции выводятся из него также периодически (в конце процесса);
- 2) сырье поступает в реактор периодически, фурфурол же в отличие от всех продуктов реакции выводится из зоны реакции непрерывно;
- 3) сырье поступает в реактор непрерывно, и все продукты реакции выводятся также непрерывно или в одном общем потоке, или в двух разных потоках (фурфурол — отдельно от всех остальных продуктов) и с разной скоростью.

Данный признак выделить крайне важно. Дело в том, что в технологии производства фурфурола сложилось мнение о необходимости обязательного непрерывного вывода фурфурола из зоны реакции сразу же по мере его образования, ибо в противном случае фурфурол вследствие его термической неустойчивости и высокой реакционной способности будет якобы в значительной степени распадаться или расходоваться на ненужные химические реакции, что сильно понизит его выход. Это мнение нашло свое отражение во всех известных на сегодня промышленных технологиях получения фурфурола, при этом вывод фурфурола из зоны реакции осуществляют в паровой фазе, для чего приходится использовать водяной пар, но уже не в качестве энергоносителя, а в качестве транспортного средства. В результате резко возрастают удельные энергозатраты на получение фурфурола.

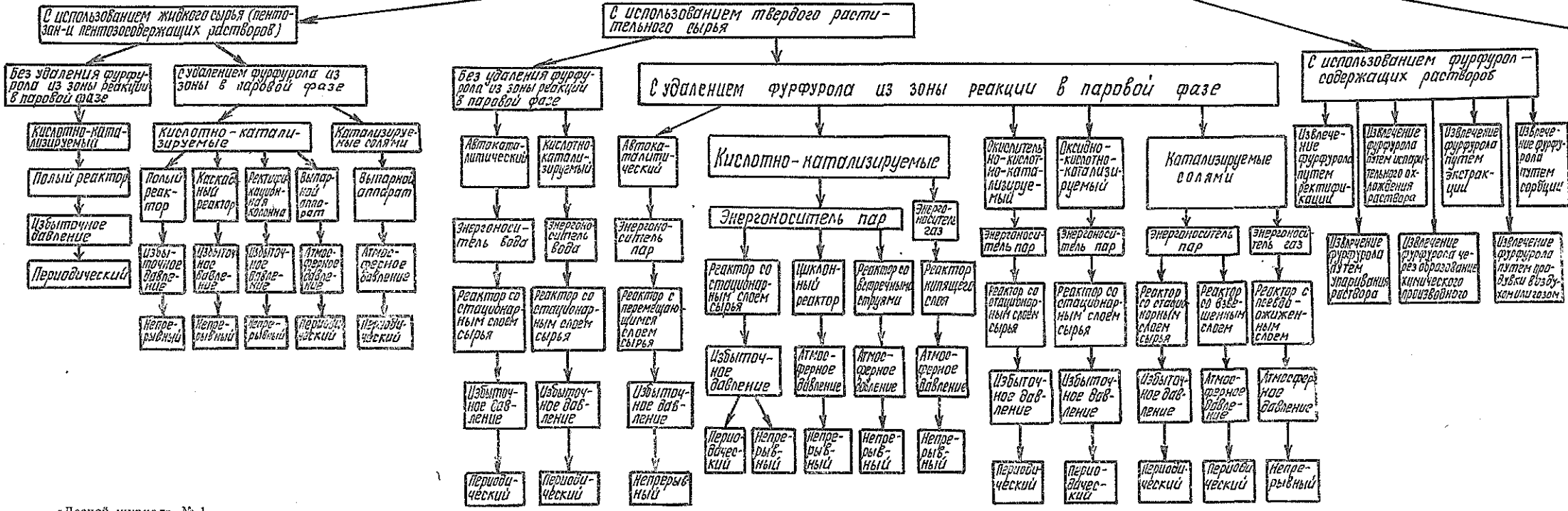
Одна из недавних работ [10], в которой исследован процесс получения фурфурола из твердого сырья без вывода его в паровой фазе из зоны реакции, показывает, по крайней мере, сомнительность укоренившегося мнения и возможность резкого снижения удельных энергозатрат в производстве фурфурола. Следовательно, в зависимости от режима вывода фурфурола из зоны реакции, учитывая особую важность данного признака, целесообразно разделить все способы получения фурфурола на две группы: с отводом фурфурола из реактора в паровой фазе; без отвода фурфурола из реактора в паровой фазе.

Классификация по давлению, при котором осуществляется процесс

- Выделены способы: а) проводимые при избыточном давлении; б) проводимые при атмосферном давлении.

Давление, при котором осуществляется процесс, зависит в первую очередь от того, какой выбран энергоноситель. Известно, что если в качестве энергоносителя использовать газ (например, CO_2) или перегретый пар, то процесс можно осуществить при атмосферном давлении.

Способы получения фурфурола



Это значительно упрощает оформление процесса и улучшает его эксплуатационные характеристики.

*Классификация по методу
извлечения фурфурола из водных растворов*

Применительно к таким растворам как решоферные конденсаты и гидролизаты растительного сырья предложены следующие методы извлечения фурфурола: ректификация; испарительное охлаждение; частичное упаривание; образование труднорастворимых производных; жидкостная экстракция; абсорбция; отдувка воздухом или газом в пенном режиме.

Обобщенная классификация

Ниже (см. вклейку) приведена схема обобщенной классификации способов получения фурфурола. В основу ее положено деление всех способов на семейства в зависимости от типа используемого сырьевого источника. Далее семейства, основанные на использовании твердого и жидкого пентозосодержащего сырья, классифицируются по признаку вывода фурфурола из зошки реакции (в паровой фазе отдельно от остальных продуктов или же в жидкой фазе совместно с остальными продуктами). Затем способы классифицируются по типу катализатора, типу реактора, рабочему давлению и режиму подачи сырья и вывода реагентов (непрерывно или периодически).

Семейства, основанные на использовании в качестве сырья водных растворов фурфурола и фурфуролсодержащих парогазов, классифицируются по методу извлечения из них фурфурола.

При составлении схемы обобщенной классификации в нее намеренно включены лишь те способы, которые известны на сегодня по публикациям в научной или патентной литературе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 536181 СССР, МКИ С 07 Д 307/48. Способ получения фурфурола / Б. Н. Ершов, Б. М. Зязин, А. Г. Савиных (СССР).— № 2043273 / 23—4; Заявлено 11.07.74; Оpubл. 25.11.76, Бюл. № 43 // Открытия, Изобретения.— 1976.— № 43.— С. 64. [2]. А. с. 146737 (СССР). Способ получения фурфурола / А. И. Закошиков.— Оpubл. в Б. И., 1962, № 9. [3]. А. с. 454206 СССР, МКИ С 07d 5/24. Способ получения фурфурола / А. Я. Кулькевич, У. К. Знемелис, А. Я. Калниньш и др. (СССР).— № 1861733/23—4; Заявлено 22.12.72; Оpubл. 25.12.74, Бюл. № 47 // Открытия, Изобретения.— 1974.— № 47.— С. 44. [4]. А. с. 852871 СССР, МКИ С 07 Д 307/57. Способ получения фурфурола / В. И. Крупенский (СССР).— № 2812706/23—04; Заявлено 16.07.79; Оpubл. 07.08.81, Бюл. № 29 // Открытия, Изобретения.— 1981.— № 29.— С. 115. [5]. А. с. 1006436 СССР, МКИ С 07 Д 307/50 В 01 Д 21/06. Способ получения фурфурола / В. И. Крупенский (СССР).— № 3331257/23—04; Заявлено 12.06.81; Оpubл. 23.03.83, Бюл. № 11 // Открытия, Изобретения.— 1983.— № 11.— С. 136. [6]. Рендош Ф. Исследование процесса образования фурфурола // Фундаментальные исследования в области комплексного использования древесины: Тез. докл. 4-го Международ. симпоз. ученых стран — членов СЭВ (Институт химии древесины АН ЛатвССР).— Рига: Знатице, 1982.— С. 120. [7]. Смоляков В. П. Разработка непрерывного метода получения фурфурола из пентозных гидролизатов // Химия и технология фурановых соединений.— Краснодар, 1982.— С. 140—144. [8]. Hojnós J., Prochasková M., Vincík P. Studium možnosti výroby furfuroly z Mg-Sulfidových vyluhov Vysk pr odbory // Papir a Cell.— 1979.— N 24.— С 31—66. [9]. Rajtik. Производство фурфурола при низком давлении // Chem. prumysl.— 1980.— N 12.— С. 635—639. [10]. Sharma D. K., Sahgal P. N. Production of furfural from agricultural wastes by using pressured water in a batch reactor // J. of Chemical technology and biotechnology.— 1982.— Vol. 32, N 6.— P. 666—668.

Поступила 8 октября 1986 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*79

«МАЛОЕ» ЛЕСОПИЛЕНИЕ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОСОРТНОГО СЫРЬЯ

В. В. КРИЦКАЯ, Т. С. ЛОБОВИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

«Малое» лесопиление, несмотря на техническую примитивность и низкую экономичность, продолжает существовать и даже развиваться, в силу экономической необходимости удовлетворять местные потребности в пиломатериалах, не покрываемые продукцией специализированных крупных и средних лесопильных заводов. Организация лесопиления в леспромхозах и лесхозах в известной мере укрепляет экономику предприятий, приближает их к комплексной организации хозяйства [3].

Вместе с тем, малое лесопиление отвлекает на себя значительное количество остродефицитного кондиционного пиловочника, из-за недостатка которого специализированные заводы работают с недогрузкой производственных мощностей. Использование в малом лесопилении низкокачественного сырья при современных ценах на него и на получаемую продукцию неэффективно и потому ограничено.

Нами исследованы экономические характеристики лесопиления при малых и очень малых объемах производства с использованием как высококачественного, так и низкокачественного сырья. Крайняя недостаточность ранее выполненных технологических натуральных исследований (опытные распиловки и т. п.) и почти полное отсутствие достоверной статистики малого лесопиления вынуждают исследовать проблему методом проектных макетов, построенных на базе типовых проектов лесопильных цехов и существующей системы нормативов, рекомендуемых проектными организациями и научно-исследовательскими институтами, применительно к условиям Европейского Севера (Архангельская область).

Построено более 700 макетов по шести вариантам техники: для одной и двух одностажных лесопильных рам, для одной и двух двухэтажных, для ленточнопильного оборудования, для фрезернопильной установки. Расчеты вели на четыре уровня загрузки работой оборудования лесопильного цеха: полный год в две и одну смену, полгода и три месяца в одну смену (для двух последних случаев предусматривались расходы на консервацию цеха). Производительность лесопильных цехов по каждому варианту рассчитывали на основании размерной и качественной характеристики сырья, поступающего в распиловку, а также вида и спецификации пилопродукции.

Исходя из того, что ленточнопильное оборудование предназначено для пиления крупномерных бревен, фрезернопильное — для пиления тонкомера, а лесопильные рамы способны распиливать партии бревен с более широким диапазоном диаметров, нами для каждого вида лесопильного оборудования были подобраны четыре значения среднего диаметра партии бревен по специальным таблицам, приведенным в приложении 2 Инструкции по расчету производственной мощности лесопильного предприятия [2]. Предусматривалась распиловка кондиционного и некондиционного сырья (I—II сорта, III—IV, IV сорта и дровяных кражей, только дровяных кражей, или V условного сорта) для получения обрезных пиломатериалов из хвойного (соснового) пиловочника и необрезных пиломатериалов из лиственного (березового) сырья. Денежную оценку сырья и пилопродукции принимали по действующему прейскуранту № 07—03 «Оптовые цены на лесопромышленную продукцию».

Вычисляли стоимость обработки 1 м³ сырья, удельные расходы сырья разных размеров и качества на 1 м³ пилопродукции; на этой основе определяли стоимость про-

изводства продукции (приведенные затраты). Продукцию оценивали с учетом ожидаемой сортности по прейскуранту без стоимости доставки в пункт потребления и с учетом затрат на погрузочно-разгрузочные работы и на перевозку ее к потребителю на расстояние 100...500 приведенных километров. За единицу приведенной длины пути принят километр перевозки по автомобильным дорогам общего пользования. Расстояние перевозки другими способами и в других дорожных условиях приводится к избранной единице с помощью стоимостных коэффициентов [4].

Сопоставляя затраты на производство с прейскуранными ценами (с учетом расходов на перевозку до потребителя), определяли условия и формы организации, в которых малое лесопиление экономически оправдано и для которых действующие оптовые цены не возмещают затрат на производство и доставку продукции.

В рамках журнальной статьи невозможно осветить результаты исследования по всем рассмотренным вариантам техники. В табл. 1 приведены данные, характеризующие стоимость обработки 1 м³ хвойного сырья для наиболее распространенных лесопильных цехов — с одной одноэтажной лесопильной рамой типа Р-80.

Таблица 1

Уровень загрузки оборудования	Средний диаметр партии бревен, см*	Стоимость обработки 1 м ³ хвойного сырья, р.к., по сортам пиловочника			
		I—II	III—IV	IV—V ^{усл}	V ^{усл}
Полный год в две смены	18	14-29	15-20	15-50	15-69
	24	13-51	14-43	14-74	15-05
Полный год в одну смену	18	19-16	20-14	20-44	20-77
	24	17-89	18-86	19-20	19-54
Полгода в одну смену	18	27-27	28-23	28-54	28-86
	24	24-61	25-61	25-93	26-28
Три месяца в одну смену	18	42-43	43-46	43-64	44-00
	24	36-57	37-57	37-86	38-21

* Расчеты были проведены и для диаметров 20 и 22 см, результаты закономерно стоят в интервале значений 18...24 см.

Полученные табличные данные для разных уровней загрузки удовлетворительно аппроксимируются следующими моделями:

полный год в две смены

$$C_{o.c} = 10,78 + \frac{53,28}{d} + 0,44r;$$

полный год в одну смену

$$C_{o.c} = 13,7 + \frac{90,72}{d} + 0,47r;$$

полгода в одну смену

$$C_{o.c} = 16,6 + \frac{188,64}{d} + 0,47r;$$

три месяца в одну смену

$$C_{o.c} = 19,2 + \frac{419,76}{d} + 0,47r,$$

где $C_{o.c}$ — стоимость обработки сырья, р. на 1 м³ пиловочника;

r — показатель сортности (средний номер сорта), равный 1,5; 3,5; 4,5; 5;

d — средний диаметр бревен распиливаемой партии, см.

Удельные расходы сырья на 1 м³ хвойной пилопродукции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр сырья, см	Удельные расходы сырья на 1 м ³ хвойной пилопродукции, м ³ , по сортам			
	I—II	III—IV	IV—V _{усл}	V _{усл}
14	1,685	1,730	2,283	3,226
20	1,645	1,691	2,305	3,420
24	1,605	1,659	2,326	3,628
30	1,578	1,634	2,341	3,802

Примечание. Расчеты ввели по всему диапазону значений диаметров 14...30 см.

Обращает на себя внимание различный характер изменений удельного расхода в зависимости от диаметра сырья качественного (I—III сорта) и низкокачественного (IV—V сорта). В первой группе удельный расход с увеличением диаметра снижается, что естественно и не нуждается в разъяснениях, во второй же группе удельный расход увеличивается, притом в степени, возрастающей со снижением сорта. Мы объясняем это тем, что низкосортное сырье поражено гнилью, которой в качественном, кондиционном сырье или нет, или очень мало. Удельный расход низкокачественного сырья, особенно крупномерного, представляется нам равнодействующей понижающего влияния диаметров сырья и повышающего влияния гнилей.

Удельная норма расхода (H_p , м³/м³) хвойного сырья каждой группы качества в зависимости от диаметра пиловочника может быть представлена следующими моделями:

$$H_{p(I-II)} = 1,84 - 0,01d;$$

$$H_{p(III-IV)} = 1,89 - 0,01d;$$

$$H_{p(IV-V_{усл})} = 2,205 + 0,005d;$$

$$H_{p(V_{усл})} = 2,44 + 0,05d.$$

Стоимость производства 1 м³ пилопродукции ($ПЗ_{пм}$, р.) мы получили суммированием приведенных капитальных вложений, удельных на 1 м³ сырья ($E_n K$, р.), затрат на обработку 1 м³ сырья ($C_{о.с}$, р.) и цены 1 м³ сырья ($Ц_c$, р.), умноженных на удельный расход сырья (H_p) каждой группы качества:

$$ПЗ_{пм} = (E_n K + C_{о.с} + Ц_c) H_p,$$

где K — удельные капитальные вложения по каждому варианту техники, р.;

E_n — нормативный коэффициент сравнительной эффективности, равный 0,12.

В табл. 3 приведены значения стоимости производства 1 м³ пилопродукции, полученной в лесопильном цехе с одной одноэтажной лесопильной рамой. Так же можно построить модели показателя стоимости производства пилопродукции. Например, для лесопильного цеха с одной одноэтажной лесопильной рамой, работающей полный год в две смены и распиливающей хвойный пиловочник I—II сорта, стоимость производства пиломатериалов будет выражена следующей моделью:

$$ПЗ_{пм. (хв., I-II)} = (E_n K + 10,78 + \frac{53,28}{d} + 0,44r + Ц_c) (1,84 - 0,01d),$$

где r — показатель сортности, равный 1,5.

Таблица 3

Уровень загрузки оборудования	Средний диаметр партии бревен, см*	Стоимость производства 1 м ³ пилопродукции, р.-к., по сортам пиловочника			
		I—II	III—IV	IV—V _{усл}	V _{усл}
Полный год в две смены	18	64-40	55-50	67-20	91-20
	24	64-40	54-60	66-90	96-80
Полный год в одну смену	18	81-50	74-20	90-70	126-80
	24	78-80	69-70	88-50	125-20
Полгода в одну смену	18	114-50	108-60	136-60	193-30
	24	107-60	96-70	125-70	179-70
Три месяца в одну смену	18	177-70	172-90	222-80	315-80
	24	154-40	147-80	196-60	282-90

* Расчеты проведены и по диаметрам 20 и 22 см.

Как указывалось выше, цены на пилопродукцию брали из действующего прейскуранта оптовых цен (№ 07—03). Сырье для малого лесопиления — пиловочник собственной заготовки, поэтому при расчете стоимости сырья от цены франко-станция назначения прейскуранта № 07—03 переходили к ценам франко-станция отправления. При расчете стоимости 1 м³ пиловочника V условного сорта (дровяные кряжи) мы исходили из соотношений цен пиловочника I—IV сортов. Методом экстраполяции получены цены на лиственный пиловочник с дифференциацией по трем группам диаметров, такой же, как для хвойного сырья (табл. 4).

Таблица 4

Диаметр пиловочника, см	Цена 1 м ³ пиловочника, р.-к., по сортам			
	I—II	III—IV	IV—V _{усл}	V _{усл}
14—18	18-80	11-75	8-05	6-30
20—24	21-80	13-70	9-50	7-50
26				
и более	24-10	15-25	10-75	8-60

Экономичность малого лесопиления удобно оценить графически. На рис. 1 и 2 показано сопоставление стоимости производства пилопродукции и цен на пиломатериалы, полученные в лесопильных цехах с одной одноэтажной и одной двухэтажной лесопильной рамой при разных уровнях загрузки.

В едином поле координат наносят кривые стоимости производства и цены как функции сортности сырья, причем кривые цен являются дискриминантами, отсекающими в этом поле зону условий, где цены обеспечивают издержки производства (ниже линии цен) от зоны, где они не обеспечивают издержек (выше линии цен). Из рис. 1 отчетливо видно, что практически при всех уровнях загрузки стоимость производства существенно превышает возможное обеспечение ценами; это значит, что при современных ценах на пиломатериалы производство пилопродукции в лесопильном цехе с одной одноэтажной лесопильной рамой убыточно. На рис. 2 линии б цен на пиломатериалы из сырья I—IV сортов находятся выше линии затрат на производство в лесопильных цехах с одной двухэтажной лесопильной рамой при уровнях загрузки 1—3. Использование низкосортной древесины нецелесообразно во всех вариантах техники.

Исследование экономических параметров малого лесопиления и оценка условий, в которых оно продолжает развиваться, показали рез-

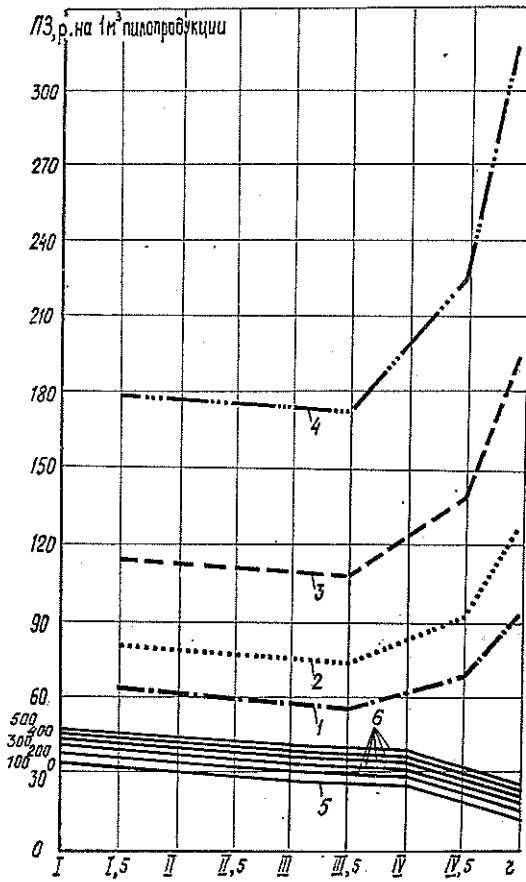


Рис. 1. Границы экономичности малого лесопиления на базе одной одноэтажной лесопильной рамы типа Р-80 при пилении хвойного пиловочника (средний диаметр партии бревен 18 см): 1—4 — стоимость производства пиломатериала при загрузке цеха: 1 — полный год в две смены; 2 — полный год в одну смену; 3 — полгода в одну смену; 4 — три месяца в одну смену; 5 — цена на пиломатериал без стоимости доставки в пункт потребления; 6 — цена на пиломатериал с учетом затрат на погрузочно-разгрузочные работы и на перевозку ее к потребителю на расстояние 100... 500 км

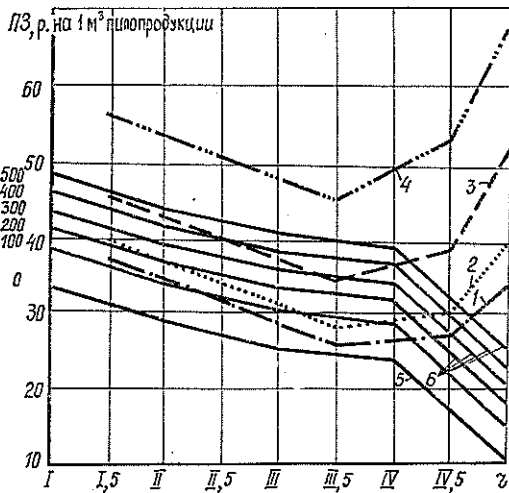


Рис. 2. Границы экономичности «малого» лесопиления на базе одной двухэтажной лесопильной рамы типа 2Р-75 при пилении хвойного пиловочника (средний диаметр партии бревен 18 см). Обозначения см. на рис. 1

кое увеличение затрат на производство пилопродукции, в которой нуждаются не только леспромхозы и лесхозы, но и строительные, агропромышленные и другие местные предприятия (особенно при использовании низкосортного сырья).

Запросы всех мелких потребителей пилопродукции пока не могут быть удовлетворены централизованно. Малое лесопиление способно снять этот дефицит, используя в качестве сырья некондиционную древесину. Но при этом само малое лесопиление становится убыточным. Встает вопрос: должны ли мы удовлетворять потребности мелких потребителей пилопродукции за счет планирования убыточного производства в малых лесопильных цехах леспромхозов или «закрывать глаза» на существование этих потребностей?

Отказ от решения проблемы обеспечения «глубинки» пилопродукцией ведет к обострению социальных проблем, приобретающих в наше время особую важность: замедлится строительство жилья, что вызовет отток кадров из отдаленных районов; возникнут трудности у развивающихся агропромышленных предприятий, работа которых направлена на выполнение Продовольственной программы; возрастет вероятность появления «нелегальных» производителей пиломатериалов, что связано с нарушением правовых норм.

В современных условиях перестройки хозяйственного механизма первостепенное значение в экономике уделяется таким принципам хозяйственной деятельности предприятий, как самокупаемость и самофинансирование, поэтому планирование убыточной работы малых лесопильных цехов, на наш взгляд, недопустимо. При нерентабельной работе лесопильных цехов сам хозяйственник не будет заинтересован в получении пилопродукции из некондиционного пиловочника. Он будет стремиться получить прибыль, распиливая высококачественный пиловочник (столь необходимый крупному лесопильному производству). Это ведет к припискам и нарушению правовых норм.

Выход мы видим в изменении экономических отношений между малым лесопилением и потребителями его продукции на основе применения договорных цен, которые могут превышать цены действующего прейскуранта*.

Известно, что лесопильные предприятия Австрии, Швеции, ФРГ, Франции и других стран, средний объем производства которых не превышает 10 тыс. м³ пиломатериалов, оснащены лучшим лесопильным оборудованием, комплексными автоматизированными линиями, отвечающими требованиям научно-технического прогресса и экономичности [1]. Представляется важным и необходимым поставить и перед нашими конструкторами и технологами неотложную задачу поиска принципиально новых технологических схем и видов оборудования для малого лесопиления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Волков В. О. Лесная промышленность зарубежных стран.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 200 с. [2]. Инструкция по расчету производственной мощности лесопильного предприятия.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1986.— 65 с. [3]. Крицкая В. В., Лобовиков Т. С. «Малое» лесопиление в леспромхозах: основные экономические проблемы // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 96—98.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Прейскурант № 13—01—01. Единые тарифы на перевозку грузов автомобильным транспортом.— М.: Прейскурантиздат, 1985.— 71 с.

* Наше исследование ограничено рамками поставленной проблемы и не дает права говорить о необходимости пересмотра всех цен на пилопродукцию, хотя не исключает этого.

УДК 630*68(470.343)

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

(на примере Марийской АССР)

А. С. БЕЛОУСОВ, В. С. ЖИРОВ, В. Л. ПОЗДЕЕВ

Марийский политехнический институт

В 1983—1985 гг. в ходе разработки целевой комплексной программы использования и воспроизводства лесных ресурсов Марийской АССР на долгосрочную перспективу до 2005 г. (КЦП «Марийский лес») был выполнен детальный анализ современного состояния и уровня развития производства всех министерств и ведомств, осуществляющих лесовыращивание, заготовку, переработку и использование лесосырьевых ресурсов в пределах административной территории. Это позволило рассмотреть условия функционирования и взаимосвязи всех хозяйственных организаций, оценить эффективность производства, использования сырья и потребления конечных продуктов из древесины.

Оценка существующих форм организации производства и управления в лесном комплексе республики достаточно подробно изложена в отчете по КЦП «Марийский лес», и нет необходимости останавливаться на деталях этого вопроса. Подчеркнем принципиальные, на наш взгляд, моменты.

1. При относительно небольшом (1,6...1,8 млн м³) ежегодном объеме заготовки древесины от всех видов рубок ими занимаются 89 предприятий и производств 15 министерств и ведомств. Практически все организации, которые постоянно потребляют 500 м³ древесины и более, заготавливают ее собственными силами. Здесь явные экономические потери: низкий уровень использования сырья, высокая себестоимость, слабая механизация труда, нерациональное использование производственных мощностей и трудовых ресурсов. Доля заготовки этими неспециализированными министерствами и ведомствами составляет в общем объеме около 25 %.

2. Неупорядоченные заготовки приводят к распылению деревообрабатывающих и лесопильных производств. Их имеют сейчас 19 министерств и ведомств, из них 17 непрофилирующих выпускают (преимущественно для себя) до 45 % общего объема продукции лесопиления и деревообработки. В среднем каждое производство дает только 1,4 тыс. м³ пиломатериалов в год. Экономические потери здесь те же, что и на лесозаготовках. Кроме того, рассредоточение лесопильно-деревообрабатывающих производств делает практически невозможным промышленное использование низкокачественной древесины и отходов.

3. Существующий хозяйственный механизм в условиях функционирования экономически обособленных производств не обеспечивает заинтересованности в более полном использовании сырьевых ресурсов. В республике есть довольно развитые мощности специализированных отраслей по механической и химической переработке древесины, которые могут потреблять практически любое заготавливаемое сырье, но хозяйственные интересы лесозаготовительных организаций из-за несовершенства цен делают невыгодной поставку этого сырья без предварительной переработки у себя. В условиях низкой рентабельности и убыточности

лесозаготовок каждый лесозаготовитель стремится не поставлять круглый лес, а перерабатывать его. Появляются неоправданно мелкие производства, мощности которых часто используются не полностью. При существующих ценах тем более не приходится говорить о поставке на сторону отходов лесозаготовок и деревообработки.

4. В республике производства, связанные с лесом, имеются на предприятиях всех уровней подчинения — от союзного до местного. Каждая отрасль выделяет довольно существенные ресурсы для развития своих производств, но их отдача, ввиду распыленности и отсутствия единства технической политики, целей и задач каждого, недостаточна. Территориальные плановые и хозяйственные органы могут в какой-то мере координировать эти вопросы лишь для местной промышленности и промышленности двойного подчинения, роль которых в развитии лесного комплекса не является преобладающей. Здесь налицо слабые связи территориальных и отраслевых органов управления, отсутствие межотраслевой координации целей и задач на уровне региона.

5. Когда нет единства и координации действий взаимосвязанных отраслей, не может быть и целевой политики сырьевого обеспечения производственных мощностей лесного комплекса в перспективном плане. Воспроизводство лесных ресурсов подчиняют сейчас не стратегии развития потребляющих отраслей, а задачам более полного и скорейшего восстановления вырубленных лесов. Как в прошлом нельзя было, так и в будущем, при нынешних формах организации производства, нельзя будет достичь того, чтобы лесовыращивание планировалось и проводилось не только с позиций достижения максимальной продуктивности лесов, но прежде всего для более полного обеспечения уже созданных на территории мощностей, потребляющих древесное сырье.

В этом ряду проблем следует отыскать и такие, как сложность в достижении единства действий по транспортному освоению лесов, техническому обслуживанию и ремонту техники, внедрению систем машин во всем воспроизводственном цикле, организации лесоснабжения и грузоперевозок, развитию социально-бытовой инфраструктуры, кадровой политике и др.

Наиболее реальный способ разрешения этих проблем — коренная перестройка сложившихся форм организации производства и управления территориальными лесными комплексами, что должно стать стержнем всех программных мероприятий.

Эти мероприятия в конечном итоге предусматривают именно организацию территориального лесного комплекса в республике как органично единого целого, как хозяйственной организации, объединяющей на территории все 330 ныне действующих производств на базе использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Программой намечено следующее поэтапное формирование действующих производств в единый хозяйственный комплекс (см. схему).

I этап — функциональное упорядочение производств на базе отраслевой централизации и формирование промышленного ядра комплекса. На этом этапе необходимо осуществить централизацию основных производств в рамках специализированных министерств и ведомств. Для этого все лесозаготовки сосредоточиваются в системе ныне действующих предприятий Минлесхоза МАССР и на этой основе путем упорядочения деятельности каждого предприятия в границах своего лесного фонда организуются комплексные лесные предприятия. Их основные функции — охрана, защита леса и управление лесами, целевое лесовыращивание, ориентированное: на создание постоянной сырьевой базы территориального лесного комплекса; на лесозаготовки и обеспечение сырьем целлюлозного, деревообрабатывающего, плитного, гидролизного, мебельного производства; на первичную механическую обработку древе-

сины в размерах внутрирайонного потребления и производство товарных полуфабрикатов из древесных отходов.

Одновременно с этим на базе Марийского ЦБК, ДОКа «Заря», МПДО «Волжск», Волжского гидролизного завода формируется Волжский лесопромышленный узел (ВЛПУ), предприятия которого уже сейчас выпускают около 65 % всей продукции лесного комплекса МАССР. Все они расположены на единой промплощадке, имеют общие коммуникации (водные и сухопутные), включают такой комплекс производств, который в единстве может работать по безотходной технологии. Основные виды конечной продукции этого узла: пиломатериалы, лыжи, стандартные дома, мебель, бумага, ДВП, кормовые дрожжи. Уже сейчас здесь назрела необходимость создания лесопромышленного комплекса, на который должно быть ориентировано выращивание лесов в республике для обеспечения его в будущем преимущественно за счет местных сырьевых источников. Продукция комплекса будет определять место республики в общесоюзной специализации лесных производств.

II этап — внутреннее развитие и последующее совершенствование организационной структуры элементов лесного комплекса. Последующее развитие Волжского лесопромышленного узла осуществляется на основе включения в его состав крупных предприятий и производств других ведомств на территории республики, имеющих аналогичное производственное назначение. Таким путем осуществляется концентрация лесопильно-деревообрабатывающих производств (присоединение специализированных лесопильно-деревообрабатывающих предприятий других министерств и ведомств), мебельного производства (включаются предприятия местной промышленности), гидролиза (присоединение гидролизного завода системы Агропрома).

Совершенствуется структура производства в комплексных лесных предприятиях, путем упорядочения организации лесозаготовительных, деревообрабатывающих производств (своих и переданных из других министерств и ведомств). На базе комплексных лесных предприятий формируются производственные лесохозяйственные объединения.

III этап — формирование единого территориального лесного комплекса и совершенствование его организационной структуры. Заключительный этап формирования — создание территориального лесного комплекса МАССР на принципах научно-производственного объединения с включением в его состав лесохозяйственных, лесозаготовительных, лесопромышленных производств, научных и учебных подразделений лесной специализации с подчинением центральному отраслевому органу управления.

В составе комплекса осуществляется дальнейшая производственная специализация, организуются функциональные подразделения. Основные из них: специализированное управление по строительству промышленных объектов и дорог Марлестрой; специализированное транспортное объединение Марлестранс по перевозке лесных грузов; централизация системы ремонта и технического обслуживания, создание машиностроительной экспериментальной базы; организация централизованной системы лесоснабжения; организация единой научной и технологической подготовки производства, ВЦ и АСУП.

Таким образом, лесной комплекс формируется как единая хозяйственно самостоятельная организация, образованная по территориальному признаку размещения производств при двухзвенной системе управления на принципах объединения всего комплекса функций, связанных с воспроизводством и использованием лесных ресурсов.

УДК 630*526.003.13

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ УЧЕТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

С. З. МИХЛИ, В. М. ЕВДОКИМОВ

ЦНИИлесосплава

Внедрение прогрессивных методов учета лесоматериалов обеспечивает снижение его погрешностей, повышение производительности труда и эффективности производства.

Составляющие экономического эффекта зависят от того, на каком предприятии (поставщике или потребителе) внедрен новый метод учета. В обоих случаях определенный экономический эффект достигается и на магистральном транспорте вследствие более правильной оплаты его услуг.

Для базового метода учета систематическая погрешность обычно известна из опыта его применения, для нового метода ее устанавливают по результатам внедрения. При определении ожидаемого годового экономического эффекта она может быть рассчитана в виде математического ожидания L некоторой функции погрешности f_n , которая применительно к выборочным методам учета имеет вид:

$$f_n = L(\bar{k} - K),$$

где \bar{k} — выборочное среднее значение коэффициента перевода непосредственно измеряемых параметров (массы, складочного объема) в объем лесоматериалов;

K — фактическое значение (генеральное среднее) данного коэффициента.

Результаты экспериментальных исследований групповых методов учета лесоматериалов показывают, что распределение вероятностей частных значений переводных коэффициентов аппроксимируется нормальным законом. В этом случае математическое ожидание погрешности

$$\delta = \frac{h_k}{\sqrt{2\pi}},$$

где h_k — показатель точности оценки переводного коэффициента.

Анализ статей затрат себестоимости производства лесоматериалов показывает, что эффект у поставщика может складываться из пяти составляющих:

снижения приведенных затрат непосредственно на операции учета лесоматериалов при реализации нового метода ($\mathcal{E}_1^{\text{пост}}$);

снижения расходов по зарплате основных рабочих за счет уменьшения систематической погрешности учета ($\mathcal{E}_2^{\text{пост}}$);

снижения приведенных затрат на лесовозном транспорте в результате сокращения времени учета лесоматериалов и более полной загрузки транспорта ($\mathcal{E}_3^{\text{пост}}$);

изменения выручки от реализации при снижении систематической погрешности учета ($\mathcal{E}_4^{\text{пост}}$);

увеличения прибыли за счет ликвидации или уменьшения штрафов за недостачу лесоматериалов, как следствие неточности учета ($\mathcal{E}_5^{\text{пост}}$).

Составляющую $\mathcal{E}_1^{\text{пост}}$ определяют по известной формуле*

$$\mathcal{E}_1^{\text{пост}} = [(C_6^{\text{пост}} + EK_6^{\text{пост}}) - (C_n^{\text{пост}} + EK_n^{\text{пост}})] A_n,$$

где $C_6^{\text{пост}}$ и $C_n^{\text{пост}}$ — себестоимость учета лесоматериалов при базовом и новом методах, р./м³;
 $K_6^{\text{пост}}$ и $K_n^{\text{пост}}$ — удельные капитальные вложения при базовом и новом методах учета, р./м³;
 E — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, $E = 0,15$;
 A_n — годовой объем учитываемых лесоматериалов при новом методе, м³.

Не исключены варианты, при которых непосредственно на операции учета лесоматериалов при реализации нового метода наблюдается не снижение, а рост приведенных затрат. Это в равной мере относится как к поставщику, так и к потребителю. В этом случае величина $\mathcal{E}_1^{\text{пост}}$ (а забегая вперед, отметим, что и $\mathcal{E}_1^{\text{потр}}$) отрицательна.

Величину $\mathcal{E}_2^{\text{пост}}$ рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_2^{\text{пост}} = \Delta\delta A_n \mathcal{Z}_{\text{уд}},$$

где $\Delta\delta$ — систематическая погрешность;
 $\mathcal{Z}_{\text{уд}}$ — заработная плата основных производственных рабочих в расчете на 1 м³ переработанной древесины, р.; $\mathcal{Z}_{\text{уд}}$ учитывают только по тем операциям, оплата труда на которых зависит от документированного объема лесоматериалов при новом методе.

Составляющую $\mathcal{E}_3^{\text{пост}}$ получают по формуле

$$\mathcal{E}_3^{\text{пост}} = (C_6^{\tau} \alpha_n + EK_6^{\tau}) \Delta V_{\tau},$$

где C_6^{τ} и K_6^{τ} — себестоимость и удельные капитальные вложения на лесовозном транспорте в базовом варианте, р./м³;
 α_n — доля условно-постоянных расходов в себестоимости;
 ΔV_{τ} — прирост объема перевозимых лесоматериалов, обусловленный внедрением нового метода учета, м³.

Формула для определения $\mathcal{E}_4^{\text{пост}}$ имеет вид

$$\mathcal{E}_4^{\text{пост}} = \Delta\delta A_n \mathcal{U}_{\text{пост}},$$

где $\mathcal{U}_{\text{пост}}$ — оптовая цена обезличенного кубометра лесоматериалов франко-пункт отправления, р.

Таким образом, годовой экономический эффект от внедрения нового метода у поставщика равен:

$$\mathcal{E}_{\text{пост}} = [(C_6^{\text{пост}} + EK_6^{\text{пост}}) - (C_n^{\text{пост}} + EK_n^{\text{пост}})] A_n + \Delta\delta A_n (\mathcal{Z}_{\text{уд}} + \mathcal{U}_{\text{пост}}) + (C_6^{\tau} \alpha_n + EK_6^{\tau}) \Delta V_{\tau} + \mathcal{E}_5^{\text{пост}}.$$

При снижении погрешности учета у поставщика на магистральном лесовозном транспорте (автомобильном, железнодорожном или водном) имеет место эффект, связанный с уменьшением расходов на оплату транспортировки несуществующей древесины. Его определяют по формуле

* Методика определения экономической эффективности использования в лесозаготовительной промышленности и на лесосплаве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.— М.: ВНИИЭИлеспром, 1979.— 388 с.

$$\mathcal{E}_{\text{тран}} = \Delta\delta A_n L_T,$$

где L_T — тарифная плата за перевозку лесоматериалов, р./м³.

При внедрении нового метода учета у потребителя и снижении систематической погрешности эффект складывается из трех составляющих:

снижения приведенных затрат непосредственно на операции учета лесоматериалов при реализации нового метода ($\mathcal{E}_1^{\text{потр}}$);

увеличения доходов в результате снижения систематической погрешности учета ($\mathcal{E}_2^{\text{потр}}$);

изменения прибыли при ликвидации полученных от поставщиков штрафов за недостачу лесоматериалов ($\mathcal{E}_3^{\text{потр}}$).

Величину $\mathcal{E}_1^{\text{потр}}$ определяют по формуле

$$\mathcal{E}_1^{\text{потр}} = [(C_6^{\text{потр}} + EK_6^{\text{потр}}) - (C_n^{\text{потр}} + EK_n^{\text{потр}})] A_n,$$

где $C_6^{\text{потр}}$ и $C_n^{\text{потр}}$ — себестоимость учета лесоматериалов при базовом и новом методах, р./м³;

$K_6^{\text{потр}}$ и $K_n^{\text{потр}}$ — удельные капитальные вложения при базовом и новом методах учета, р./м³.

Составляющую $\mathcal{E}_2^{\text{потр}}$ рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_2^{\text{потр}} = \Delta\delta A_n (L_{\text{пост}} + L_T).$$

Годовой экономический эффект от внедрения нового метода учета лесоматериалов у потребителя равен:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{пстр}} = & [(C_6^{\text{потр}} + EK_6^{\text{потр}}) - (C_n^{\text{потр}} + EK_n^{\text{потр}})] A_n + \\ & + \Delta\delta A_n (L_{\text{пост}} + L_T) \pm \mathcal{E}_3^{\text{потр}}. \end{aligned}$$

В зависимости от знака систематической погрешности учета до внедрения нового метода и абсолютной величины ее снижения в общем случае отдельные составляющие эффекта ($\mathcal{E}_2^{\text{пост}}$, $\mathcal{E}_4^{\text{пост}}$ — у поставщика, $\mathcal{E}_2^{\text{потр}}$, $\mathcal{E}_3^{\text{потр}}$ — у потребителя, $\mathcal{E}_{\text{тран}}$ — на магистральном транспорте) имеют знак плюс или минус.

Снижение расходов по зарплате у поставщика $\mathcal{E}_2^{\text{пост}}$, в частности, может быть равно нулю, если оплата труда рабочих производится не по результатам учета лесоматериалов заменяемым методом.

Систематическая погрешность может привести к накоплению на одном из предприятий неучтенной древесины объемом δQ , что отрицательно сказывается на ее рациональном и экономном использовании.

По приведенным формулам можно определить и снижение себестоимости работ (или прироста прибыли) в конкретных условиях каждого хозяйственного предприятия (поставщика, транспортной организации, потребителя) и их структурных подразделений.

В отдельных случаях эффект может складываться как сумма эффектов у поставщика и потребителя (например, если внедрение нового метода учета у потребителя обеспечивает разовую приемку — сдачу лесоматериалов).

УДК 630*78

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА АУТОПАРКА НА ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. П. БЫЧКОВ, В. М. ЗАЛОЖНЫХ

Воронежский лесотехнический институт

Наиболее полное использование ресурсов леса при расширенном воспроизводстве объективно требует развития транспортного хозяйства в целях обеспечения растущих объемов перевозок. Большая роль транспорта в лесном хозяйстве предопределяется необходимостью перемещения различных грузов и людей на значительные расстояния. По площади лесные предприятия самые крупные среди предприятий других отраслей народного хозяйства и часто размещаются на территории нескольких административных районов. Ежегодный объем работы автомобильного транспорта в отрасли составляет около 100 млн т грузов и 2,4 млрд т · км.

Для лесного хозяйства характерно ежегодное увеличение численности грузового автомобильного парка. Так, если в 1950 г. насчитывалось всего 4,5 тыс. автомобилей, то в одиннадцатой пятилетке их число значительно возросло. Отсюда необходимость рационального использования транспортных средств, повышения их производительности и снижения себестоимости перевозок.

Анализ работы автотранспорта на предприятиях Гослесхоза СССР за период с 1970 г. по 1984 г. свидетельствует о существенном ежегодном увеличении объема работ по перевозке грузов (в основном хозяйственных) как в тоннах, так и в тонно-километрах. Однако этот рост был достигнут не в результате повышения эффективности работы транспорта, а вследствие увеличения численности грузового автомобильного парка хозяйственного назначения при ухудшении практически всех показателей, характеризующих транспортный процесс.

На снижении показателей работы транспорта сказались также резкое увеличение заработной платы (в 2,2 раза), рост расходов на ГСМ (в 2,7 раза) и уменьшение с 56,4 до 49,3 % доли дорог с твердым покрытием.

Одна из причин снижения эффективности использования грузовых автомобилей — нерациональная структура автопарка по грузоподъемности, не соответствующая производственным условиям лесных предприятий. Начиная с 1978 г. значительно повысилась доля группы автомобилей с грузоподъемностью более 5 т. Если в девятой пятилетке она составляла 7,8 % в общей структуре грузового автопарка, то в десятой уже 9,9 %, а в одиннадцатой около 20 %. Однако ожидаемого экономического эффекта от внедрения большегрузных автомобилей получено не было. При комплектовании автопарка лесных предприятий транспортными средствами хозяйственного назначения большой грузоподъемности нужно учитывать действительную потребность в них и экономическую эффективность применения, поскольку наилучшие показатели они имеют на перевозках массовых грузов на значительные расстояния. Необходимо исходить из возможностей перевозки грузов с минимальными затратами с учетом особенностей эксплуатации транспорта и структуры перевозимых грузов каждого предприятия.

Задачу оптимального выбора типа автомобиля мы решали для условий Пеновского ЛПХ Калининского управления лесного хозяйства.

Наибольший объем работы здесь выполняется на перевозке древесины и таких хозяйственных грузов, как горючесмазочные материалы, дрова и строительные материалы (щебень, песок, гравий). Поэтому автотранспортные средства выбирали применительно к перевозке этих грузов.

В настоящее время на вывозке древесины в леспромхозе используются автомобили одной марки МАЗ-509. На перевозках хозяйственных грузов, независимо от вида, заняты автомобили общего назначения семи марок, различной грузоподъемности, что затрудняет обеспечение запасными частями, применение прогрессивных форм технического обслуживания и ремонта, снижает эффективность использования.

Задачу решали следующим образом. Первоначально для транспортировки каждого вида хозяйственного груза подбирали автомобили трех марок разной грузоподъемности. В основу выбора положен принцип технологичности перевозок, который, в частности, предусматривает возможности механизации погрузочно-разгрузочных работ имеющимися на предприятии средствами. Анализировали работу не только имеющихся в леспромхозе автомобилей, но и тех, которых на предприятии нет, но их выпускает отечественная промышленность. Для перевозки дров были предложены автомобили марки ГАЗ-53, ЗИЛ-130 и КамАЗ-5320, строительных материалов (щебня, песка, гравия, грунта) — ГАЗ-САЗ-53Б, ЗИЛ-ММЗ-555 и КамАЗ-5511, горючесмазочных материалов — автоцистерны марки АЦ-4,2-53А (на базе ГАЗ-53), АЦ-4,2-130 (на базе ЗИЛ-130), ТСВ-6У (на базе ЗИЛ-130).

Для каждого варианта перевозок определяли приведенные затраты в расчете на 1 т груза. Предпочтение отдавали автомобилю, выполняющему перевозки с минимальными затратами. В основу расчетов положены фактически сложившиеся в 1983 г. технико-эксплуатационные показатели работы автотранспорта Пеновского ЛПХ, которые помещены в табл. 1.

Таблица 1

Вид груза	Время пребывания автомобилей в наряде за сутки, ч	Коэффициент использования пробега	Расстояние перевозки, км
Дрова	9,2	0,502	6,0
Строительные материалы	8,3	0,713	33,4
Горючесмазочные »	8,4	0,523	41,6

Значения остальных показателей (грузоподъемность, техническая скорость, коэффициент использования грузоподъемности, время простоя автомобилей под погрузкой — разгрузкой), необходимых для определения часовой производительности, брали из нормативно-справочных материалов.

Себестоимость перевозки хозяйственных грузов рассчитывали на 1 т по следующим статьям: заработная плата водителей с учетом доплат, премий и отчислений на социальное страхование; топливо; смазочные и прочие эксплуатационные материалы; восстановление и ремонт шин; техническое обслуживание и текущий ремонт подвижного состава; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и восстановление подвижного состава; накладные расходы.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Как показывают расчеты, в условиях Пеновского ЛПХ на перевозке дров выгодно использовать автомобили ЗИЛ-130, строительных материалов — КамАЗ-5511, горючесмазочных — ТСВ-6У.

На вывозке хлыстов в леспромхозе в настоящее время применяют полноприводный автопоезд МАЗ-509 + ТКБ-9383-011 среднего типа. В целях уточнения состава лесовозного автопарка была рассчитана удельная сумма приведенных затрат на 1 м³ для данного автопоезда, а также для автопоезда ЗИЛ-131 + ТМЗ-802 легкого типа и КраЗ-255Л + ТКБ-9383-010 тяжелого типа. При расчетах учитывали конкретные производственные условия Пеновского леспромхоза, который ежегодно заготавливает немногим более 200 тыс. м³. Среднее расстояние вывозки

Таблица 2

Вид груза	Марка автомобиля	Приведенные удельные затраты, к./т
Дрова	ГАЗ-53	50,64
	ЗИЛ-130	50,29
	КамАЗ-5320	52,86
Строительные материалы	ГАЗ-САЗ-53Б	232,52
	ЗИЛ-ММЗ-555	214,25
	КамАЗ-5511	181,89
Горючесмазочные »	АЦ-4,2-53А	592,1
	АЦ-4,2-130	674,08
	ТСВ-6У	536,56

составляет 45 км. Покрытие дорог в основном гравийное при супесчаных и суглинистых пылеватых грунтах земляного полотна.

Капитальные затраты по каждому из вариантов складывались из стоимости строительства дороги и затрат на приобретение автопоездов. При одинаковой длине дороги затраты на ее строительство зависят от толщин дорожной одежды, соответствующих каждому типу автопоезда. В расчетах учитывали инвентарное число автопоездов. Рабочий парк автопоездов определяли с учетом сложившейся неравномерности вывозки леса по сезонам.

Эксплуатационные затраты складываются из двух составляющих: машинной (транспортной) и дорожной. Транспортную составляющую рассчитывали как произведение полной себестоимости машино-смены на потребное число машино-смен. Основные показатели статей расхода при расчете дорожной составляющей идентичны для всех типов автопоездов, поэтому в расчетах они не использованы. Учитывали только различия в амортизационных отчислениях от стоимости дорожной одежды.

Приведенные затраты $C_{\text{прив}}$ на вывозку древесины по каждому рассматриваемому варианту рассчитывали по формуле

$$C_{\text{прив}} = \frac{E_n (C_d + C_a N_{\text{инв}})}{Q_{\text{год}}} + \frac{M}{I_{\text{см}}} + \frac{m R_d}{100 Q_{\text{год}}},$$

- где E_n — коэффициент сравнительной экономической эффективности;
 C_d — стоимость строительства дорожной одежды;
 C_a — балансовая стоимость автопоезда, тыс. р.;
 $N_{\text{инв}}$ — инвентарное число автопоездов;
 $Q_{\text{год}}$ — годовой грузооборот дороги, тыс. м³;
 M — стоимость машино-смены автопоезда, р.;
 $I_{\text{см}}$ — сменная производительность автопоезда, м³/см.;
 m — амортизационные отчисления на дорожную одежду, %;
 R_d — разность в стоимости дорожной одежды при применении рассматриваемого типа автопоездов в сравнении с МАЗ-509 + ГКБ-9383-011, тыс. р.

Расчеты показали, что удельные приведенные затраты составили: для автопоезда ЗИЛ-131 + ТМЗ-802 — 2,63 р./м³, КраЗ-255Л + ГКБ-9383-010 — 2,03 р./м³, МАЗ-509 + ГКБ-9383-011 — 1,91 р./м³. Таким образом, применяемая в настоящее время в Пеновском леспромхозе марка лесовозного автомобиля оптимальна, поскольку обеспечивает минимальную сумму затрат на вывозку древесины.

Таким образом, хозяйственный автопарк Пеновского леспромхоза целесообразно комплектовать автомобилями трех марок: ЗИЛ-130,

КамАЗ-5511 и ТСВ-6У. На вывозке леса наибольшая эффективность достигается при эксплуатации автомобилей МАЗ-509.

Указанные рекомендации могут быть применимы и в других предприятиях Калининской, Ярославской и других областей Центра РСФСР, со сходными условиями эксплуатации транспорта. Приведение структуры автопарка в соответствие с потребностями лесных предприятий в перевозках и условиями эксплуатации, наряду с другими организационно-техническими мероприятиями, позволит избежать неблагоприятной тенденции в снижении показателей использования автотранспорта.

Поступила 2 октября 1986 г.

УДК 621.39:681.3

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ В АСУ ОБЪЕДИНЕНИЕМ

В. С. КОСТЕНКО, С. П. ПРИСЯЖНИК

СевНИИП

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию АСУ лесопромышленными объединениями (АСУО) путем концентрации вычислительных ресурсов в единой информационно-вычислительной сети, одной из основных подсистем которой является сеть обмена данными (СОД), построенная на принципах пакетной коммутации.

При разработке СОД возникает задача по оценке вариантов построения системы в целях выбора варианта, обеспечивающего наиболее эффективное функционирование АСУО.

Так как основное назначение СОД состоит в передаче максимального количества сообщений с заданным качеством, то первоочередная задача заключается в оценке пропускной способности СОД, являющейся потенциальной характеристикой и позволяющей определить лучший вариант построения системы. Под пропускной способностью в дальнейшем будем понимать максимально возможное количество сообщений, переданных в единицу времени с требуемым качеством, в частности, с временем доведения не хуже заданного [2].

Известные методы [1, 6] не полностью учитывают такие факторы, как нестационарность трафика, разнотипность используемых каналов низкого качества, функционирование подсистем управления потоками, что характерно для АСУО и что не позволяет делать адекватную оценку пропускной способности. Решение такой задачи возможно на имитационной модели [3]. Однако это требует больших затрат вычислительных ресурсов и поэтому затрудняет ее использование при проектировании СОД.

Нами предлагается методика оценки пропускной способности СОД АСУО, отличающаяся от известных тем, что позволяет учитывать влияние на пропускную способность алгоритма ограничения доступа сообщений в сеть, управление потоками на уровне звена и сквозном уровне, важность потоков информации, а также, при наличии обходных путей, алгоритма маршрутизации, адаптирующегося к ситуации на сети, и требующая приемлемых затрат вычислительных ресурсов при реализации ее на ЭВМ.

З а м е ч а н и е. Здесь не рассматривается расчет пропускной способности участков нижней иерархии сети: от терминалов до простейших концентраторов первого уровня (уровень леспромхозов) и от этих концентраторов до концентраторов (узлов) второго уровня (уровень производственных объединений), ввиду достаточной простоты их ана-

лиза. Эти участки сети могут быть представлены как одноканальные ветви, соответственно с неограниченной и ограниченной очередями ожидания, и рассчитаны с помощью известных методов теории массового обслуживания [4].

Модель сети. Сеть связи представим в виде неориентированного взвешенного графа без петель $G(N, L)$, где N — множество узлов (концентраторов), а $L = \{\beta_{ij}\}$ — множество ветвей доведения информации. На вход сети поступает поток с интенсивностью $\Lambda = \{\lambda_{ij}\}$. Пропускные способности ветвей заданы матрицей M , а надежность — матрицей коэффициентов готовности $K_r = (k_{ijr})$. Для каждого потока считаем известными средние длины сообщений в пакетах S . В сети реализован виртуально-дейтаграммный режим коммутации. На уровне звена реализован механизм управления потоком с ограничением по длине очереди к ветвям. Время доведения сообщений — γ .

Задана матрица важности потоков W , определяющая доли пропускной способности сети, выделяемые потокам. На уровне узлов U_i имеются обходные пути доведения информации и реализован адаптивный алгоритм маршрутизации по максимуму пропускной способности. Этот алгоритм эффективен для сетей с длинными сообщениями, нестационарной нагрузкой и разнотипными, ненадежными каналами.

Поток служебной информации, возникающий при коррекции маршрутов, представлен в виде матрицы B . Потоки квитанций на канальном уровне заданы матрицей D . Полагаем ветви многоканальными с разнотипными каналами. Поток поступающих на вход пакетов данных пуассоновский. В рамках описанной модели сети и разработана методика оценки пропускной способности СОД в АСУ лесопромышленным объединением.

В общем случае коэффициент использования ветви

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{\mu_{ij}}, \quad (1)$$

где μ_{ij} — элемент матрицы M .

Тогда коэффициент одновременного недоиспользования всех ветвей СОД

$$P = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N (1 - \rho_{ij}). \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получаем:

$$P = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{\mu_{ij}} \right). \quad (3)$$

Сделав это предварительное замечание, перейдем к решению задачи оценки пропускной способности СОД.

1. Распределение допущенных в сеть потоков пакетов. В условиях перегрузки при реализации адаптивной маршрутизации и управления потоками на уровне звена нагрузка во всех ветвях выравнивается. В связи с этим при определении пропускной способности для каждого потока решается следующая оптимизационная задача:

$$\Lambda_{ij}^{kl*} = \underset{\{\lambda_{ij}^{kl} \in \Lambda^{**}\}}{\text{Argmax}} \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^N \left(1 - \frac{c_{ij} + \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl}}{k_{ijr} \mu_{ij}} \right). \quad (4)$$

где Λ^{**} — матрица, элементами которой являются λ_{ij}^{kl} .

При ограничениях:

$$1. \Lambda_{kl} = \sum_{j=1}^N \lambda_{ij}^{kl} \quad \forall k, l \in N; \quad (5)$$

$$\sum_{\substack{m=1 \\ i \neq k}}^N \lambda_{im}^{kl} = \sum_{\substack{m=1 \\ i \neq k}}^N \lambda_{mi}^{kl} \quad \forall k, l \in N; \quad (6)$$

$$2. \lambda_{ij}^{kl} \geq 0 \quad \forall i, j, k, l \in N; \quad (7)$$

$$3. c_{ij} + \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{ij}^{kl} \leq k_{\beta} k_{\gamma} \mu_{ij} \quad \forall i, j \in N. \quad (8)$$

Введение в (8) коэффициента k_{β} показывает, с каким качеством должен быть обслужен поток сообщений. Аналитическое определение этого коэффициента выходит за рамки данной работы. Здесь мы предполагаем его заданным.

Для решения задачи (4) при условиях (5)–(8) выбран метод скользящего допуска, который позволяет решать общую задачу нелинейного программирования. Подробное описание метода можно найти в работе [5]. Решая данную задачу, получим оптимальное распределение потоков по путям доставки в смысле максимума пропускной способности.

2. *Определение доли пакетов, потерянных в сети.* Для определения потерь пакетов воспользуемся моделью многоканального тракта передачи данных с разнотипными каналами. Чтобы установить потери пакетов в сети, необходимо знать потери потоков в ветвях. Для решения этой задачи найдем вероятность своевременной передачи пакетов через ветвь P_{β} , где β — ветвь, входящая в путь γ , а w — число ветвей в пути γ .

Для определения вероятности P_{β} ветвь β представим в виде b -канальной системы массового обслуживания (СМО) с очередью ограниченной длины и ненадежными приборами. Установление вероятностей P_{β} с помощью марковской модели состояний затруднено вследствие их большого количества. Вероятность P_{β} найдем по формуле полной вероятности

$$P_{\beta} = \sum_{u=0}^b P(H_u) P(A/H_u), \quad (9)$$

где $P(H_u)$ — вероятность гипотезы H_u , заключающейся в безотказной работе $u = \overline{1, b}$ каналов;

$P(A/H_u)$ — условная вероятность события A , состоящего в обслуживании пакета при выполнении гипотезы H_u .

При одинаковой надежности каналов вероятность $P(H_u)$ определяется по формуле Бернулли

$$P(H_u) = C_b^u P^u (1-P)^{b-u}, \quad (10)$$

где P — вероятность безотказной работы канала при передаче пакетов.

Величину P находят по формуле

$$P = \frac{\mu + x}{\mu + x + c} \exp\left(-c - \frac{1}{\mu}\right), \quad (11)$$

где C — интенсивность отказа канала;

μ — интенсивность обслуживания канала;
 κ — интенсивность восстановления канала.

Если каналы связи неоднородные, то вероятность $P(H_u)$ получим по схеме Бернулли:

$$P(H_u) = \sum_{k=0}^{c_b^u} \prod_{i \in k} P_i \prod_{j \in (b-k)} (1 - P_j), \quad i \neq j. \quad (12)$$

Условная вероятность обслуживания пакетов представляет собой вероятность обслуживания пакетов в u -канальной полнодоступной СМО с очередью ограниченной длины Θ и ограниченным временем ожидания в очереди.

Для определения $P(A/H_u)$ воспользуемся известной в теории массового обслуживания формулой

$$P_u = P(A/H_u) = 1 - \frac{\frac{\delta \rho^{u-1}}{u!} \sum_{l=1}^{\Theta} \frac{l \rho^l}{\prod_{i=1}^l (u+i\delta)}}{1 + \sum_{k=0}^u \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^u}{u!} \sum_{l=1}^{\Theta} \frac{\rho^l}{\prod_{i=1}^l (u+i\delta)}}, \quad (13)$$

где $\rho = \frac{\lambda_{\beta}}{\mu}$; $\delta = \frac{\nu^{(\beta)}}{\mu}$.

Подставляя выражения (12) и (13) в (9), получаем вероятность одновременной передачи пакетов в ветви β :

$$P_{\beta} = \sum_{u=0}^b \left[P_u \sum_{k=0}^{c_b^u} \prod_{i \in k} P_i \prod_{j \in (b-u)} (1 - P_j) \right]. \quad (14)$$

Тогда доли потерянных в ветвях пакетов найдем из выражения

$$\Delta_{\beta}^{\text{пот}} = (1 - P_{\beta}) \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{\beta}^{kl*}. \quad (15)$$

3. *Определение обслуженных сетью потоков.* Поток информации от каждого абонента передается в сети по нескольким маршрутам, определяемым на первом этапе. Доли потоков, пропущенных по этим маршрутам, получают просеиванием потока на каждой ветви, последовательно применяя формулу (15).

Обозначим обслуженный поток

$$\Lambda_{kl}^{\text{обсл}} = \sum_{\gamma=1}^{\pi} \lambda_{kl}^{(\gamma)}, \quad (16)$$

где $\lambda_{kl}^{(\gamma)}$ — доля потока, передаваемая по пути $\gamma \in \pi$ (π — число обходных путей).

Тогда число сообщений, пропущенных сетью в единицу времени:

$$Y_{\text{проп}} = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{\Lambda_{kl}^{\text{обсл}}}{S}, \quad (17)$$

Так как пропускная способность выражается одним числом ($Y_{\text{проп}}$), то это дает возможность разработчикам однозначно определить лучший вариант построения сети.

Кроме того, зная интенсивность обслуживания переданного потока между каждой корреспондирующей парой абонентов АСУО, мож-

но найти «узкие» места в системе и наметить пути их устранения. Применение методики необходимо и в процессе наращивания сети.

Расчеты, проведенные на ЭВМ с помощью описанной методики, показали, что время, затраченное на оценку пропускной способности сети из 30...40 узлов, исчисляется уже десятками минут, а не часами, как это имеет место при моделировании на имитационной модели [3]. Причем точность оценки пропускной способности оказалась не ниже 90 % по сравнению с той же имитационной моделью.

Сложность подготовки исходных данных для предлагаемой методики и имитационной модели одинакова и определяется в основном размерами матриц M , K_r , A , W , B , D , а также матриц интенсивностей отказов и восстановлений каналов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Наумчук О. Ф. Некоторые методы анализа пропускной способности многополосных сетей связи // Автоматы и управление сетями связи.— М.: Наука, 1970.— С. 61—67. [2]. Паршенков Н. Я. Критерии эффективности функционирования системы динамического управления потоками на сети связи // Управление на сетях и узлах связи.— М.: Наука, 1979.— с. 3—11. [3]. Присяжнюк С. П. Имитационная модель СОД с пакетной коммутацией // Вычислительные сети коммутации пакетов. Кн. 1: Матер. Второй Всесоюз. конф.— Рига.— 1981.— Октябрь.— С. 169—171. [4]. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения.— М.: Сов. радио, 1971.— 520 с. [5]. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Пер. с англ. Под ред. М. Л. Быковского.— М.: Мир, 1975.— 534 с. [6]. Ченцов В. М. Системы распределения информации. Синтез структуры и управление.— М.: Связь, 1980.— 144 с.

Поступила 20 июня 1986 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*533

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВОСТОЕВ

А. Г. ШАВНИН

Уральский лесотехнический институт

Плотность древостоев обычно отождествляют с их густотой, представляющей число деревьев на единице площади. Такое употребление показателей не вызывало разночтений в оценке получаемых характеристик до того времени, пока их содержание ограничивалось численностью деревьев. В настоящее время представление о плотности древостоев расширилось. Содержание показателя стало включать размеры деревьев [6], поэтому отождествление ее с густотой древостоев стало неоправданным. Данная статья содержит предложения по описанию и применению плотности древостоя в качестве самостоятельного таксационного показателя.

Установление плотности древостоев подчинено главной задаче таксации насаждений — определению древесного запаса. Решению этой задачи отвечают характеристики пространственного расположения деревьев в древостое, которыми могут служить отношения средних диаметров и высот деревьев к среднему расстоянию между ними. Первое представляет плотность древостоя по диаметру, второе — по высоте деревьев.

Плотность древостоя по диаметру находится в строгой зависимости от суммы площадей сечения деревьев, характеризуя, таким образом, полноту насаждений. При установлении этой зависимости число деревьев на 1 га N описывается известным выражением

$$N = 10\,000 : l^2, \quad (1)$$

где l — среднее расстояние между деревьями.

Поделив абсолютную полноту древостоя G на правую часть этого равенства, находим среднюю площадь сечения:

$$g_m = 0,0001 G l^2, \quad (2)$$

которой соответствует средний квадратичный диаметр

$$d_m = 1,13l \sqrt{G}. \quad (3)$$

В этом случае плотность древостоя по диаметру P_d

$$P_d = 1,13 \sqrt{G}. \quad (4)$$

Показатели, составляющие плотность древостоев, могут быть установлены общепринятыми способами. В условиях, где возможно применение полнотомера Виттерлиха, целесообразно применять линейку-плотномер, работающую по такому же принципу. Устройство прибора основано на равенстве

$$G = 2\,500 \frac{1}{a^2} N, \quad (5)$$

где a — длина линейки [1, с. 223—235].

Объединив формулы (4) и (5), найдем отношение ширины предметного диоптра линейки к ее длине, равное 1 : 56,5. При таких параметрах плотномера число деревьев, не вписавшихся в створ предметного диоптра, составит квадрат плотности древостоя по диаметру. После извлечения корня будет установлено ее значение (см/м). При одинаковой размерности обеих компонент и условном увеличении показателя в 10 раз единицей измерения становится безразмерная величина, не превышающая 1,0. Различия плотности в 0,1 доступны для глазомерного определения.

Предлагаемый показатель, по аналогии с относительной полнотой, позволяет оценивать использование насаждением своего природного потенциала. Он удобен при таксации насаждений. Примером служат таблицы полноты и запасов, в которых роль полноты выполняет плотность древостоев по диаметрам (табл. 1) [5].

Подобная замена вносит единообразие в характеристику показателя, повышает унификацию лесоучетных материалов.

Применение показателя расширяет возможности решения лесоводственных вопросов. Нами он был успешно применен для моделирования ветроустойчивого древостоя

Таблица 1

Фрагмент таблицы полнот и запасов
древостоев

Средняя высота по породам, м			Запас, м ³ , при плотности по диаметру					
С	Е	Б	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
20	20	21	70	120	180	260	360	470
	21	22	70	120	190	270	370	490
21	22	23	70	120	190	280	380	500
			70	130	200	290	390	510

и определения отпускового диаметра при ведении дифференцированных рубок (табл. 2), [2, с. 11—13, 43—45].

Таблица 2

Пример модели ветроустойчивого елового древостоя
III класса бонитета

Показатели	Распределение показателей по ступеням толщины, см									
	16	20	24	28	32	36	40	44	48	Итого
Число стволов на 1 га, шт.	44	63	80	68	42	27	13	4	1	342
Абсолютная полнота, м ² *	0,9	2,9	6,5	10,6	14,0	16,7	18,9	19,0	19,1	19,1
Плотность древостоя, см/м	1,1	1,9	2,9	3,7	4,2	4,6	4,8	4,9	4,9	
Скорость ветра, при которой наступает ветровал, м/с	21	23	24	25	26	27	27	27	27	

* Значения показателя приведены нарастающим итогом.

Приведенная в модели плотность древостоя вычислена по соотношению (4). Ее величина находится в корреляционной зависимости от скорости ветра, при которой наступает ветровал, и использована для определения размеров этого показателя. Принятая для конкретных условий максимальная скорость ветра соответствует определенной плотности и отпусковому диаметру несплошной рубки. В приведенном примере скорость ветра принята 25 м/с, а отпусковой диаметр — 32 см.

Соотношение средней высоты и среднего расстояния между деревьями, составляющее плотность древостоя по высоте, позволяет конкретизировать строение древесного полога. Это можно видеть в таблицах хода роста древостоев различного строения. Так, в разновозрастных ельниках, имеющих сложное строение древесного полога, древостой III класса бонитета со средней высотой 21 м и абсолютной полнотой 26 м² имеет плотность по высоте 6,3 [4], в то время как плотность одновозрастного елового насаждения, имеющего элементарное строение полога при таких же размерах названных показателей, составила 5,4 [3].

Подобно плотности по диаметру, плотность древостоя по высоте служит полезным дополнением природной характеристики насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация.— 2-е изд.— М.; Л.: Лесн. пром-сть, 1960.— 532 с. [2]. Положение о лесосечных работах в лесах I группы Урала / Минлесбумпром СССР и МВ и ССО РСФСР.— Свердловск: УЛТИ, 1985.— 61 с. [3]. Гюрин А. В. Ход роста еловых насаждений // Ход роста основных лесобразующих пород СССР.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— С. 100—103. [4]. Шавнин А. Г. Ход роста разновозрастных елово-пихтовых насаждений // Лесн. журн.— 1961.— № 2.— С. 39—44.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Шавнин А. Г. Таблица для определения плотности и запасов насаждений Среднего Урала: Межвуз. сб. науч. тр.— Красноярск: КПИ.— 1984.— С. 166—169. [6]. Шавнин А. Г. Таксация насаждений по типам строения древостоев // Там же.— С. 52—57.

УДК 632.937

КОМПЛЕКСЫ СТВОЛОВЫХ НАСЕКОМЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ ТУВЫ В ДРЕВЕСИНЕ РАЗЛИЧНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРИГОДНОСТИ

Ю. Б. МАМАЕВ
ВНИИЛМ

Известно, что для разных стадий ослабления живого дерева и разрушения мертвой древесины характерны различные комплексы насекомых-ксилофагов и сопутствующих им видов. Состав комплексов при этом определяется в основном степенью активности и другими особенностями биологии их представителей. Классификация ксилофагов по этим признакам содержится в работах многих авторов [2—6, 9—13], где активность насекомых связывается, как правило, с их способностью заселять деревья различных степеней ослабления. Перечисленные работы охватывают практически все хозяйственно важные виды изучаемой группы, встречающиеся на территории СССР. Изменение комплексов ксилофагов в зависимости от степени разрушения древесины изучалось лишь в некоторых регионах, например в пихтарниках Кавказа [11], дубравах европейской части СССР [7], на березе в Туве [8] и ряде других.

Задача настоящего исследования — изучить комплексы насекомых, характерных для древесины лиственницы на различных стадиях хозяйственной пригодности, в процессе ее разрушения в лесу. Рассмотрены не только ксилофаги, но и сопутствующие им виды дендробионтов: хищники, зоофаги и сапрофаги, так как их комплексы также менялись во времени в связи с изменением условий обитания в древесине.

Работы проводили в лиственничниках Тувы лесостепной и таежной зон в период с 1976 г. по 1982 г. Отмирающие и погибшие деревья анализировали в насаждениях, усохших в результате повреждения сибирским шелкопрядом, на вырубках, гарях и т. п. Как показал анализ видового состава насекомых, различия их комплексов, заселяющих деловую древесину I—IV сортов, незначительны, поэтому древесину исследованных деревьев мы подразделяли на деловую, дровяную и не пригодную для технологических нужд. Это подразделение осуществлялось по количеству и размеру червоточин [1], согласно действующему ГОСТ 2140—1981. К первой категории мы относили древесину, которая соответствовала I—IV сортам; ко второй — не входящую в эти сорта, но соответствующую категории «дрова». К не пригодной для технологических нужд относили древесину, пораженную бурой гнилью [1], сильно деструктурированную, которая не кололась топором и не могла быть использована даже на топливо.

Систематическое положение, видовое название	Встречаемость*	Характер питания	Распределение по категориям древесины		
			Деловая	Дровяная	Непригодная
Сем. <i>Carabidae</i>					
<i>Tachyta nana</i> Gyll.	3	Хищник	++	+	—
Сем. <i>Histeridae</i>					
<i>Cylister lineare</i> Er.	1	»	++	+	—
<i>Platysoma deplanatum</i> Gyll.	1	»	++	+	—
<i>Plegaderus vulneratus</i> Panz.	3	»	++	+	—
Сем. <i>Staphylinidae</i>					
<i>Nudobius lentus</i> Grav.	2	»	++	+	—
<i>Olisthaerus substriatus</i> Gyll.	1	»	+	++	—
<i>Placusa complanata</i> Er.	4	»	++	+	—
Сем. <i>Buprestidae</i>					
<i>Ancylocheira strigosa</i> Gebl.	2	Ксилофаг	—	++	—
<i>A. sibirica</i> Fleisch.	2	»	—	++	—

Продолжение.

Систематическое положение, видовое название	Встречаемость*	Характер питания	Распределение по категориям древесины		
			Деловая	Дровяная	Непригодная
<i>Anthaxia quadripunctata</i> L.	4	Ксилофаг	+	++	—
<i>Chrysobothris chrysostigma</i> L.	3	»	+	++	—
<i>Phaenops guttulata</i> Gebl.	5	»	++	—	—
Сем. Elateridae					
<i>Ampedus belteatus</i> L.	2	Сапрофаг	+	++	—
<i>Harminius undulatus</i> Deg.	5	Хищник	++	+	—
<i>Lacon conspersus</i> Gyll.	3	»	+	++	—
<i>Melanotus rufipes</i> Hbst.	2	»	—	++	+
Сем. Cantharididae					
<i>Rhagonycha mongolica</i> Witt.	1	»	—	++	+
Сем. Anobiidae					
<i>Xestobium rufovillosum</i> Deg.	1	Ксилофаг	—	++	—
Сем. Bostrychidae					
<i>Stephanopachys linearis</i> Kug.	2	»	++	—	—
Сем. Peltidae					
<i>Ostoma ferruginea</i> L.	2	Сапрофаг	—	—	++
<i>Peltis grossa</i> L.	3	»	—	—	++
Сем. Cleridae					
<i>Thanasimus rufipes</i> Br.	3	Хищник	++	+	—
<i>Th. substriatus</i> Gebl.	4	»	++	+	—
Сем. Melyridae					
<i>Malachius marginellus</i> Ol.	1	»	++	+	—
Сем. Lymexylonidae					
<i>Elateroides flabellicornis</i> Schn.	2	Ксилофаг	++	—	—
Сем. Nitidulidae					
<i>Epuraea boreella</i> Zett.	1	Зоофаг	++	—	—
<i>E. terminalis</i> Munh.	1	»	++	—	—
<i>E. thoracica</i> Tulrn.	2	»	++	—	—
<i>Rhizophagus</i> sp.	1	Хищник	++	—	—
Сем. Cucujidae					
<i>Laemophloeus alternans</i> Er.	1	»	++	—	—
Сем. Tenebrionidae					
<i>Hypophloeus fraxini</i> Kug.	2	»	++	—	—
<i>H. pini</i> Panz.	2	»	++	—	—
Сем. Melandryidae					
<i>Serropalpus barbatus</i> L.	2	Ксилофаг	++	+	—
<i>Xylita buprestoides</i> L.	1	»	+	++	—
<i>Zilora ferruginea</i> Payk.	2	»	+	++	—
Сем. Cerambycidae					
<i>Acanthocinus carinulatus</i> Gebl.	4	»	++	+	—
<i>Acmaeops marginata</i> F.	3	»	—	++	—
<i>Anoplodera rufiventris</i> Gebl.	2	»	—	++	—
<i>A. sequensi</i> Rtt.	2	»	—	++	—
<i>A. variicornis</i> Dalm.	3	»	—	++	—

Продолжение

Систематическое положение, видовое название	Встречаемость*	Характер питания	Распределение по категориям древесины		
			Деловая	Дровяная	Непригодная
<i>Asemum striatum</i> L.	4	Ксилофар	+	++	—
<i>Callidium chlorizans</i> Sois.	1	»	++	+	—
<i>C. coriaceum</i> Payk.	2	»	++	+	—
<i>C. violaceum</i> L.	2	»	++	+	—
<i>Clytus arietoides</i> Rtt.	2	»	++	+	—
<i>Monochamus impluviatus</i> Motsch.	3	»	++	+	—
<i>M. urussovi</i> Fisch.	3	»	++	+	—
<i>Rhagium inquisitor</i> L.	4	»	+	++	—
<i>Semanotus undatus</i> L.	2	»	++	—	—
<i>Tetropium gracilicorne</i> Rtt.	5	»	++	—	—
Сем. Curculionidae					
<i>Hylobius albosparsus</i> Boh.	3	»	--	++	—
<i>Magdalis</i> sp.	1	»	+	++	—
Сем. Scolytidae					
<i>Dryocoetes autographus</i> Ratz.	2	»	++	+	—
<i>D. hectographus</i> Rtt.	2	»	++	+	—
<i>Ips subelongatus</i> Motsch.	5	»	++	—	—
<i>Trypodendron lineatum</i> Ol.	4	»	++	—	—

* Встречаемость насекомых на природных объектах оценивали по пяти-балльной системе: баллу 1 соответствует встречаемость до 20 %; 2 — от 21 до 40 %; 3 — от 41 до 60 %; 4 — от 61 до 80 %; 5 — от 81 до 100 %. Знаками ++ отмечена категория древесины, для которой данный вид насекомого характерен; знаком + категория, на которой он встречается изредка.

Список дендробионтов, отмеченных нами на исследованных объектах, и некоторые их характеристики приведены в таблице.

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что в состав комплексов дендробионтов лиственницы входит около 57 видов насекомых. Из них 11 видов (9 ксилофагов и 2 хищника) распространены сравнительно широко и встречаются: 8 видов — на 61...80 % объектов (встречаемость 4 балла), 3 — более чем на 80 % объектов (встречаемость 5 баллов). Из этих наиболее распространенных видов для деловой древесины характерны ксилофаги: *Phaenops guttulata*, *Tetropium gracilicorne*, *Ips subelongatus*, *Monochamus urussovi*, *Acanthocinus carinulatus*, *Trypodendron lineatum*. В энтомокомплексах им сопутствуют хищники: *Harminius undulatus*, *Thanasimus substriatus*, встречаемость которых 61...80 %.

Комплексы дровяной древесины значительно беднее, и их представители менее распространены. Из них встречаемостью 61...80 % обладают лишь ксилофаги *Rhagium inquisitor*, *Asemum striatum* и *Anthaxia quadripunctata*. В древесине, не пригодной для технических нужд, отмечены только два характерных для нее сапрофага: *Ostoma ferruginea* и *Peltis grossa* (встречаемость соответственно 21...40 и 41...60 %). Такое обеднение видового состава объясняется наличием в древесине бурых гнилей [1], создающих неблагоприятные условия для насекомых.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьев В. А. Пороки древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 111 с. [2]. Воронцов А. И. Биологические основы защиты леса.— М.: Высш. школа, 1960.— 342 с. [3]. Ильинский А. И. Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними // Сб. работ по лесн. хоз-ву / ВНИИЛМ.— 1958.— С. 178—288. [4]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов.— Новосибирск: Наука, 1975.— 346 с. [5]. Исаев А. С., Петренко Е. С. Биологические особенности стволовых вредителей // Лесоведение.— 1968.— № 3.— С. 56—65. [6]. Лурье М. А. О фенологии и условиях поселения короедов-вредителей ели обыкновенной в южной подзоне тайги // Вопросы защиты леса: Сб. работ / МЛТИ.— 1967.— Вып. 15.— С. 35—39. [7]. Мамаев Б. М. Зоологическая оценка стадий естественного разрушения древесины // Изв. АН СССР. Сер. биол.— 1960.— № 4.— С. 610—617. [8]. Мамаев Ю. Б. Комплекс насекомых-ксилофагов на березе в горных лиственничниках Тувинской АССР // Вестн. зоологии.— 1984.— № 5.— С. 75—76. [9]. Маслов А. Д., Кутеев Ф. С., Прибылова

М. В. Стволовые вредители леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 144 с. [10]. Мозолевская Е. Г. Оценка вредоносности стволовых вредителей // Вопросы защиты леса: Сб. работ / МЛТИ.— 1974.— Вып. 65.— С. 124—132. [11]. Положенцев П. А., Аргюховский А. К. Определение времени отмирания деревьев по поселяющимся на них насекомым // Науч. тр. / ВЛТИ.— 1961.— Вып. 24.— С. 3—12. [12]. Рафес П. М., Денисман Л. Г., Перель Т. С. Животный мир как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии.— М.: Наука, 1964.— С. 216—298. [13]. Рожков А. С., Бялая И. В. Вредители ствола // Вредители лиственницы сибирской.— М.: Наука, 1966.— С. 19—22.

УДК 630*232

ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЕВ И ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РУБОК УХОДА В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ

А. П. РЯБОКОНЬ

УкраиниИЛХА

В процессе формирования насаждений и роста древостоев устанавливаются определенные экологические взаимосвязи как между растениями, так и между ними и окружающей средой [3]. При лесохозяйственном воздействии на древостой эти взаимосвязи нарушаются, что влияет на устойчивость и продуктивность насаждений. Дальнейшая интенсификация лесохозяйственного производства и снижение обеспеченности рабочей силой вызывают острую необходимость в механизации трудоемких операций на рубках ухода. Наряду с традиционным равномерно-выборочным способом, стали применять линейно-выборочный, позволяющий использовать машины и механизмы [2].

Для изучения особенностей структуры сосновых насаждений при различных способах рубок ухода в течение 1982—1985 гг. обследовали производственные культуры в Гутянском спецлесхоззаге, Ахтырском, Лебединском и Тростянецком лесхоззагах Харьковской и Сумской областей. В интересных в лесоводственном отношении участках закладывали временные пробные площади (19 проб), на которых определяли таксационные показатели древостоев и изучали пространственную структуру насаждений путем картирования лесорастительных участков. Наиболее показательные древостои, выращиваемые с применением равномерно-выборочного и линейно-выборочного способов, описаны ниже.

1. Ахтырский лесхоззаг, Ахтырское лесничество, свежий бор — А₂, возраст древостоя — 46 лет. Последний прием рубок ухода по равномерно-выборочному способу (в

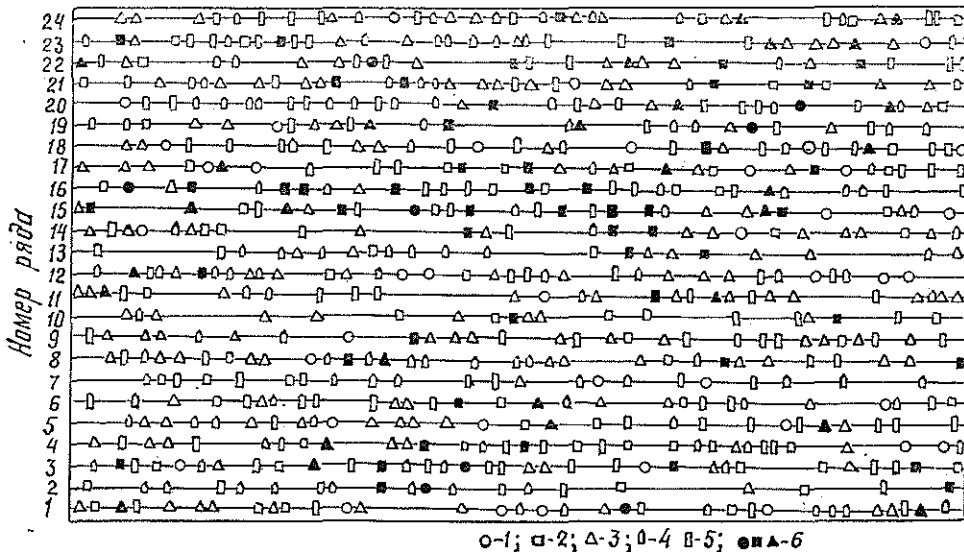


Рис. 1. Пространственная структура 46-летних культур сосны при равномерно-выборочном способе ухода в Ахтырском лесхоззаге: 1 — деревья I класса роста; 2 — II; 3 — III, 4 — IV; 5 — деревья V класса роста; 6 — целевые деревья

соответствии с классификацией деревьев: лучшие, вспомогательные, подлежащие удалению) проводили примерно 6 лет назад. Таксационные показатели: густота — 2453 шт./га, $D_{ср}$ — 13 см, $H_{ср}$ — 13 м, класс бонитета — III, запас — 237 м³/га. Ширина междурядий колеблется от 1,1 до 3,6 м при средней ширине 1,7 м. Чуть меньше половины деревьев (рис. 1) находится в отставшем в росте пологом (44 %), но сухостоя в насаждении мало (всего 1...2 %). В лесорастительных условиях свежего бора деревья низших (IV—V) классов роста, попадая под основной полог (I—III классы роста), продолжают еще длительное время существовать (в более богатых условиях местопроизрастания эти деревья попали бы уже в категорию сухостойных). Это объясняется умеренным ростом деревьев в свежем бору и особенностями освещения в насаждении. На фоне замедленного роста растений лимитирующая роль солнечного света здесь снижается. Деревья основного полога формируются с «жидкими» кронами. Такие кроны пропускают солнечные лучи, и этого освещения оказывается достаточно для существования попавших под основной полог деревьев. Этим можно объяснить и большую густоту насаждения (2,4 тыс. шт./га в 46 лет). Реакция деревьев на разреживание в бедных условиях местопроизрастания менее эффективна, чем в более богатых типах с интенсивным ростом деревьев. Целевых деревьев с высокими деловыми свойствами удалось выделить недостаточно (133 шт./га) для формирования будущего древостоя при равномерном их расположении на лесорастительном участке (рис. 1).

2. Гутянский спецлесхоззаг, Гутянский лесничество, свежая судубрава — С₂, возраст — 22 года. Культуры созданы в 1962 г. на раскорчеванной вырубке из-под насаждения дуба черешчатого. Размещение посадочных мест — 2 × 0,5 м. Осветление проведено в 10-летнем насаждении, прочистка — в 16- и 21-летних. При последнем уходе применен линейно-выборочный способ с вырубкой каждого второго и третьего ряда (рис. 2). Таксационные показатели: густота — 1194 шт./га, $D_{ср}$ — 12 см, $H_{ср}$ —

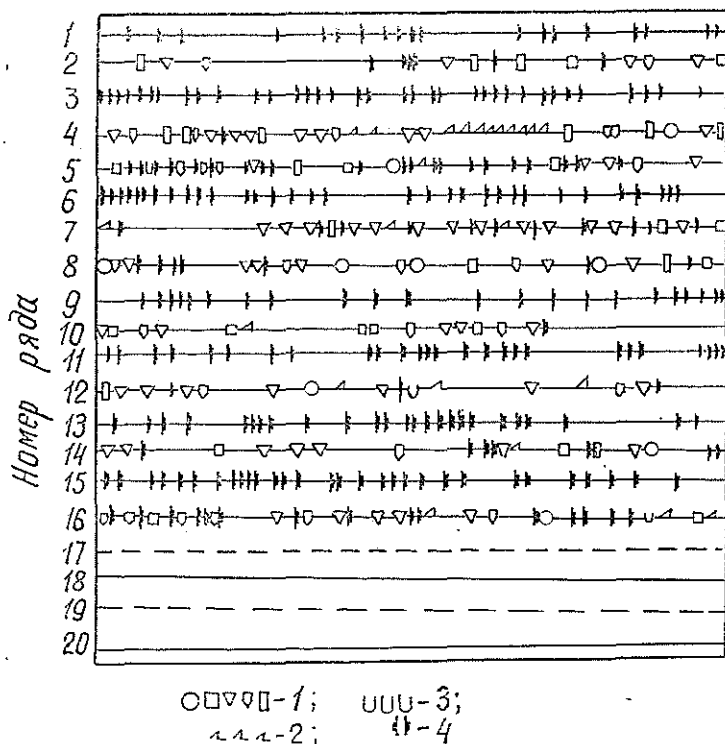


Рис. 2. Пространственная структура 22-летних культур сосны при линейно-выборочном способе ухода в Гутянском спецлесхоззаге: 1 — деревья различных классов роста; 2 — снежоломные деревья; 3 — наклоненные деревья; 4 — пни

12 м, класс бонитета — I в, запас — 89 м³/га. В этом древостое наиболее остро проявились противоречия между технологией рубок и биологией насаждений. Рубки ухода выполнены на пределе запаса экологической прочности насаждения. Выборка деревьев целыми рядами (вырублено более 50 % стволов, в том числе и носителей прироста — деревьев I—III классов роста) привела к снижению устойчивости и продуктивности



Рис. 3. Снеголом деревьев при линейно-выборочном способе ухода

оставленных для дальнейшего роста рядов. Из сохранившихся 1 194 древесных растений на 1 га часть деревьев (188 шт./га) с гонкими стволами и компактной формой кроны, потеряв опору соседних деревьев, под навалами снега в зимний период подвергается снеголому. Это, в первую очередь, деревья низших классов роста (IV—V), но не исключен снеголом у деревьев основного полога—I—III классов роста (рис. 3). Приведенные в таблице данные показывают, что средние диаметры деревьев для каж-

Средний диаметр деревьев
в рядах 22-летних культур сосны
Гутянского спецлесхозага

Но- мер ряда	Статистические показатели					
	<i>n</i> , шт.	$M \pm m$, см	$\pm \delta$, см	$\pm V$, %	$\pm P$, %	t^*
2	10	11,8 ± 0,94	3,0	25,1	7,9	1,03
4	17	11,6 ± 0,91	3,7	32,5	7,8	1,30
5	13	12,4 ± 0,84	3,0	24,6	6,8	0,18
7	16	12,8 ± 0,67	2,6	20,8	5,2	0,00
8	17	14,4 ± 0,88	3,6	25,3	6,1	1,75
10	13	13,1 ± 0,64	2,8	17,7	4,9	0,47
12	13	13,1 ± 0,86	3,1	23,6	6,6	0,41
14	11	13,3 ± 0,74	2,4	18,5	5,5	0,69
16	15	12,6 ± 0,87	3,4	26,7	6,9	0,22
18	14	12,0 ± 0,48	1,8	14,9	4,0	1,48
20	16	12,7 ± 0,53	2,1	16,9	4,2	0,18
Σ_{22}	155	12,8 ± 0,23	2,8	22,2	1,8	—

* $t_{теор}$ на 0,5 %-м уровне значимости — 1,98.

дого ряда древостоя существенно не отличаются от среднего для всего насаждения. Полученные результаты свидетельствуют об однородности структуры насаждения, созданного с постоянным шагом посадки в рядах (0,5 м). Реакция на разреживание проявляется не сразу, а лишь через несколько лет после проведения ухода.

Анализ пробных площадей в других насаждениях (Ахтырский, Лебединский и Тростянецкий лесхозаги) позволил установить, что в настоящее время в лесохозяйственной практике при создании культур сосны ширина междурядий варьирует в недопустимо широких пределах (0,9...3,6 м) и используется постоянный шаг посадки в рядах (0,5...0,7 м). Формирующаяся при таких условиях структура молодняков не всегда соответствует лесоводственным требованиям, обеспечивающим высокоэффективное использование машин на лесохозяйственных уходах.

Равномерно-выборочные рубки ухода наиболее полно отвечают биологическим особенностям роста насаждений. Однако образование после рубок свежих пней (до 2,5 тыс. шт./га) и наличие ослабленных и угнетенных деревьев во влажных климатических и лесорастительных условиях может сопровождаться заражением насаждений корневой губкой [3], а в богатых типах леса — снеголомом [1].

В отличие от равномерно-выборочного линейно-выборочный способ более резко и интенсивно влияет на изменение экологической обстановки в насаждении. При линейно-выборочном способе рубок ухода вырубка каждого 6-, 9- и 12-го рядов в возрасте осветлений и прочисток во многих случаях обеспечивает желаемый лесоводственный эффект, но при этом ограничивается доступность рабочих органов машин к деревьям тех рядов, которые не граничат с технологическими коридорами. Из-за более высокого уровня конкуренции деревья срединных рядов в процессе роста испытывают «стресс», влияющий на их продуктивность. Прирост диаметров стволов при этом падает до 33 % по сравнению с рядами, расположенными на границе технологических коридоров. При снижении ширины оставляемых для роста кулис до 1—2 рядов факторами риска могут быть следующие моменты: а) вырубка целых рядов и обязательное разреживание оставляемых разрушают экологические взаимосвязи между растениями в насаждении, вызывает преждевременное удаление высокопроизводительных деревьев I—III классов роста, снижает устойчивость значительного числа деревьев к снеголому (до 16 %); б) отставшие в росте деревья и свежие пни срубленных деревьев IV—V классов роста (от 0,9 до 1,5 тыс. шт./га) в рядах во влажных условиях являются путями заражения насаждений корневой губкой; в) особенности роста деревьев при близком их размещении в рядах приводят к чрезмерному их угнетению, а оставление вырубленных деревьев на перегнивание вызывает захламенение леса неликвидной древесиной; г) в культурах с постоянным шагом посадки (0,5...0,75 м) при использовании линейно-выборочного способа рубок ухода может проявляться определенная совокупность признаков (интенсивное естественное изреживание, понижение продуктивности, потенциальное поражение корневой губкой, повреждение снеголомом, захламенение), которая разрушает структуру выращиваемых насаждений; д) опасность проявления большинства этих факторов прямо пропорциональна возрасту насаждений, в котором проводится лесохозяйственный уход.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаврилов Б. И. Об устойчивости сосновых насаждений против снеголома и ожеледи // Лесн. журн.— 1969.— № 2.— С. 17—22.— (Изв. высш. учеб. заведений).
[2]. Изюмський П. П. Методичні рекомендації по застосуванні лінійної технології у перегушених культурах хвойних молодняків.— Харків: УкрНДІЛГА, 1980.— 7 с. [3]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 407 с.

УДК 630*31

СНИЖЕНИЕ ФРОНТА СОРТИРОВКИ ПРИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОТОКОВ НИЖНЕГО СКЛАДА

А. Н. ЧЕМОДАНОВ

Марийский политехнический институт

Одновременно с созданием новых систем машин и разработкой перспективных технологических процессов важно максимально использовать технические возможности существующего оборудования и комплексной переработки природных ресурсов на основе внедрения ряда мероприятий, одним из которых является подсортировка леса.

Основное назначение подсортировки заключается в разделении общей массы леса, отгружаемого с лесосеки, на несколько групп по породам, качеству, крупности и т. д. Наиболее эффективно выполнять подсортировку попутно с одной из операций лесосечных работ — валкой леса, трелевкой или обрезкой сучьев. Вид операции, одновременно с которой выполняется подсортировка, определяется системой лесозаготовитель-

ных машин, имеющейся на конкретном предприятии. Хотя в этом случае происходит некоторое снижение производительности лесозаготовительных машин*, оно в значительной мере компенсируется теми преимуществами, которые проявляются при обработке и переработке подсортированного леса на лесопромышленных складах.

Положительными сторонами подсортировки леса следует считать снижение дробности сортировки по отдельным потокам, сокращение фронта сортировки, уменьшение энергоемкости процесса сортировки лесоматериалов и повышение производительности штабелевочно-погрузочного оборудования. Рассмотрим наиболее часто встречающийся случай подсортировки, когда определяющим признаком считают породу лесоматериалов и производят разделение на лесоматериалы хвойных и лиственных пород. В зависимости от соотношения хвойных и лиственных пород в составе лесосырьевой базы предприятия лесопромышленный склад должен иметь две раскряжевочные установки или более. В целом по нижнему складу при работе с подсортировкой и без нее число наименований сортиментов может не меняться, если остаются постоянными сортиментный план и породный состав лесосырьевой базы. Однако на отдельных специализированных потоках дробность сортировки будет уменьшаться вследствие снижения возможного числа вариантов раскроя хлыстов, обусловленного однородностью сырья. При работе в обычном режиме число накопителей сортировочного транспортера H (если принять по одному накопителю на каждый вид сортиментов) может быть вычислено по формуле

$$H = P_{хв} + P_{л} - T, \quad (1)$$

где $P_{хв}$, $P_{л}$ — число наименований сортиментов, выпиливаемых, соответственно, из хлыстов хвойных и лиственных пород;

T — число накопителей, принимающих одновременно сортименты хвойных и лиственных пород.

В этом случае средняя длина сортировочного транспортера (без приемной и конечной частей)

$$L_{ср} = (I_{н} + I_{р})H - I_{р}, \quad (2)$$

где $I_{н}$ — средняя длина одного накопителя, м;

$I_{р}$ — расстояние между средними смежными накопителями, м.

Длина сортировочных транспортеров хвойного ($L_{ср. хв}$) и лиственного ($L_{ср. л}$) потоков при работе с подсортированным лесом

$$L_{ср. хв} = P_{хв}(I_{н} + I_{р}) - I_{р}; \quad (3)$$

$$L_{ср. л} = P_{л}(I_{н} + I_{р}) - I_{р}. \quad (4)$$

В случае параллельного агрегатирования на двухпоточном нижнем складе и совпадения продольных осей основных потоков (на практике в подавляющем большинстве случаев именно так размещают потоки вдоль подъездной лесовозной дороги) при работе в обычном режиме протяженность фронта сортировки составит $2L_{ср}$, при поступлении подсортированного леса — $L_{ср. хв} + L_{ср. л}$. Снижение фронта сортировки находим из выражения

$$\Delta L = 2L_{ср} - (L_{ср. л} + L_{ср. хв}), \quad (5)$$

оно составляет

$$\Delta L = (I_{н} + I_{р})(P_{хв} + P_{л} - 2T). \quad (6)$$

Для тех же условий, но при параллельном расположении продольных осей основных потоков, сокращение фронта сортировки равно:

при $P_{хв} > P_{л}$

$$\Delta L = (P_{л} - T)(I_{н} + I_{р}); \quad (7)$$

при $P_{хв} < P_{л}$

$$\Delta L = (P_{хв} - T)(I_{н} + I_{р}). \quad (8)$$

Рассуждая аналогично, можно определить снижение фронта сортировки при любом числе групп подсортировки для специализированных потоков.

Исследования проводили в 1982 г. на Нужьяльском нижнем складе Медведевского ЛПХ Минлесхоза Марийской АССР, вырабатывающем следующие сортименты: пиловочник лиственный (длина 6 м), балансы осиновые (4 м), балансы хвойные (4 м), строительный лес хвойный (6 м), лыжный кряж березовый (2,4 м), фанерный кряж березовый (1,63 м), вагонная стойка хвойная (2,75 м), вагонная стойка лиственная (2,75 м), балансы березовые (2 м), дрова хвойные (2 м), дрова лиственные (2 м).

* Ширнин Ю. А., Чемоданов А. Н. Анализ работы систем машин для заготовки леса с подсортировкой // Лесн. журн.— 1983.— № 4.— С. 37—41.— (Изв. высш. учеб. заведений).

При работе без подсортировки допускалась укладка в один накопитель, соответственно, хвойных и осиновых балансов, хвойной и лиственной вагонной стойки, хвойных и лиственных дров, т. е. $T = 3$, $P_{хв} = 4$, $P_{л} = 7$. Подсортировку производили на хвойные и лиственные породы, их соотношение в составе лесосырьевой базы предприятия — 1 : 2. На нижнем складе по одной линии вдоль лесовозной дороги были установлены три сортировочных транспортера, один на хвойном потоке, два других — на лиственном. Средневзвешенная длина сортиментов при работе по обычной технологии $l_{н.л} = 3,23$ м, с подсортировкой для хвойных сортиментов $l_{н.хв} = 3,69$ м, для лиственных $l_{н.л} = 2,97$ м, расстояние между накопителями — 2 м. Используя выражения (1) и (2), и добавляя один резервный накопитель на каждый вид сортиментов, определяем общую протяженность фронта сортировки при работе по обычной технологии и с подсортировкой.

В первом случае длину фронта сортировки найдем как сумму длин трех транспортеров: $L = 240$ м.

Во втором случае, используя формулы (3), (4), находим $L = L_{ср. хв} + 2L_{ср. л} = 173$ м. Сокращение фронта сортировки ΔL составит 67 м.

Эта же величина, найденная непосредственно из выражения:

$$\Delta L = 2 [(l_{н.л} + l_p)(2P_{хв} + P_{л} - 3T) - l_p], \quad (9)$$

равна 63 м.

Таким образом, предлагаемая методика может быть использована в расчетах, связанных с определением энергоемкости процесса сортировки лесоматериалов и производительности штабелевочно-погрузочных средств.

УДК 674.612.935.004.18

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ОБЪЕМНОГО И ЦЕННОСТНОГО ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В. Ф. ВЕТШЕВА, Г. А. ЛОГИНОВА

Сибирский технологический институт

Для выполнения спецификаций пиломатериалов, в составе которых доля тонких досок составляет 40 % и более, необходимо применять поставки с большим количеством пила, что снижает производительность лесопильных рам и увеличивает расход древесины в опилки. В плановых заданиях Красноярского ЛДК доля тонких досок в общем объеме экспортных пиломатериалов, вырабатываемых по ГОСТ 8486—66, составляет свыше 75 %. Это исключает возможность применения так называемых нормальных поставок, в которых для получения оптимальных показателей объемного выхода пиломатериалов доля тонких досок не должна превышать 30 %.

Один из резервов улучшения использования пиловочного сырья в условиях Красноярского ЛДК — организация участка ребрового раскроя толстых досок. Для выявления эффективности этого способа был проведен опытный ребровый раскрой толстых сосновых досок на тонкие, предназначенные для экспорта в социалистические страны.

Сорт	Объем, м ³	Стоимость, р.-к.	Цена 1 м ³ , р.-к.	Изменение стоимости, %	Разность цены 1 м ³ пиломатериалов, р.-к.
1	2,5100	238-01	94-60	3,3	7-20
	2,4154	245-88	101-80		
2	2,5393	240-22	94-60	3,3	7-20
	2,4378	248-17	101-80		
3	2,4990	236-41	94-60	2,4	6-32
	2,3990	242-11	100-92		
4	2,4841	137-12	55-20	53,6	33-15
	2,3847	210-70	88-35		

Примечание. В числителе данные для толстых досок; в знаменателе — для тонких.

При раскросе составляли подробный паспорт каждой толстой и тонкой доски с указанием размеров и имеющихся пороков. Сортной состав определяли по ГОСТ 8486—66. В результате раскроса найдена суммарная стоимость получаемых тонких досок и ее отношение к стоимости толстых каждого сорта. Наибольший эффект получен от ребрового деления толстых досок четвертого сорта (см. табл.).

При ребровом раскросе толстых досок 1-, 2- и 3-го сортов понижается сортность тонких: для толстых досок 1- и 2-го сортов соответственно 64,2 и 65,5 % вырабатываемых из них тонких досок имеют сорт ниже сорта толстых. Понижение сортности тонких досок, выпиливаемых из толстых 3-го сорта, составило всего 2,04 %, а тонкие доски, получаемые из толстых 4-го сорта, в основном (68,73 %), повышают свой сорт.

Следовательно, из всего объема тонких досок, полученных в результате ребрового деления толстых всех сортов, в общей сложности 27,4 % повысили сортность, 39,36 % имели тот же сорт, что и исходные толстые доски, и 33,26 % тонких досок снизили сортность по сравнению с толстыми.

Несмотря на понижение сортности тонких досок, выпиливаемых из толстых 1—3-го сортов, цена 1 м³ тонких пиломатериалов в среднем на 6...8 р. оказалась выше, чем толстых. Это можно объяснить, в основном, большей прекуррантной ценой 1 м³ тонких досок.

Цена 1 м³ тонких досок (на 33 р. 15 к.), выпиливаемых из толстых 4-го сорта, значительно повысилась за счет не только более высокой прекуррантной стоимости тонких досок, но и повышения их сортности по сравнению с толстыми.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о высокой эффективности ребрового деления толстых досок всех сортов, и тем более 4-го сорта, и о целесообразности организации такого участка для выработки тонких досок.

Организация ребрового деления толстых досок в условиях Красноярского ЛДК позволит повысить производительность рамного потока на 2,5...11 % из-за применения рациональных поставов.

Целесообразно планировать выработку толстых досок для их ребрового деления только на рамках второго ряда. Для таких условий была разработана система поставов, предназначенных для раскроса бревен диаметром от 26 до 60 см и намечена реконструкция технологического потока. Расчеты поставов показали, что применение выборочного ребрового деления толстых досок, вырабатываемых на рамках второго ряда, позволит повысить объемный выход пиломатериалов на 1,5...2,5 %.

УДК 674.055:621.914.3

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА ФОРМАТНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ

В. Ю. ПОЛЯКОВ

Вологодский политехнический институт

Точность раскроса плит на современных форматных деревообрабатывающих станках сравнительно невысока.

Проведенная нами статистическая обработка данных измерений плит на ряде мебельных предприятий страны позволила установить следующее: 1) труднодостижимы допуски на перпендикулярность смежных кромок плит; 2) несоблюдение допуска на линейные размеры плитных заготовок на мебельных предприятиях компенсируют плюсовыми предельными отклонениями, т. е. завышенными припусками на чистовую обработку плит. Для заготовок шириной до 1 000 мм (участок поперечного раскроса) фактический максимальный припуск достигает 19 мм, что превышает нормируемый примерно на 30 %; 3) возникают трудности с настройкой станков.

Одна из главных причин такого состояния, по нашему мнению, — отсутствие обобщенного комплекса средств по обеспечению заданной точности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации станков.

Отсутствие единого подхода описания механизма образования погрешностей для деревообрабатывающих станков и технологических процессов — серьезное препятствие на пути создания математических моделей точности обработки.

Для деревообрабатывающего станкостроения при расчете погрешности целесообразно использовать теорию размерных цепей.

Схема образования погрешностей при раскросе древесных плит представлена на рис. 1. Погрешности классифицируют на постоянные (статические) и переменные (динамические), возникающие в процессе раскроса и влияющие на погрешность через силу и тепло.

Параметрами технологической точности многопильного форматного станка являются: прямолинейность кромок плиты Δ_1 , перпендикулярность смежных кромок плиты между собой Δ_2 , погрешность линейного размера плиты Δ_3 , перпендикулярность кро-

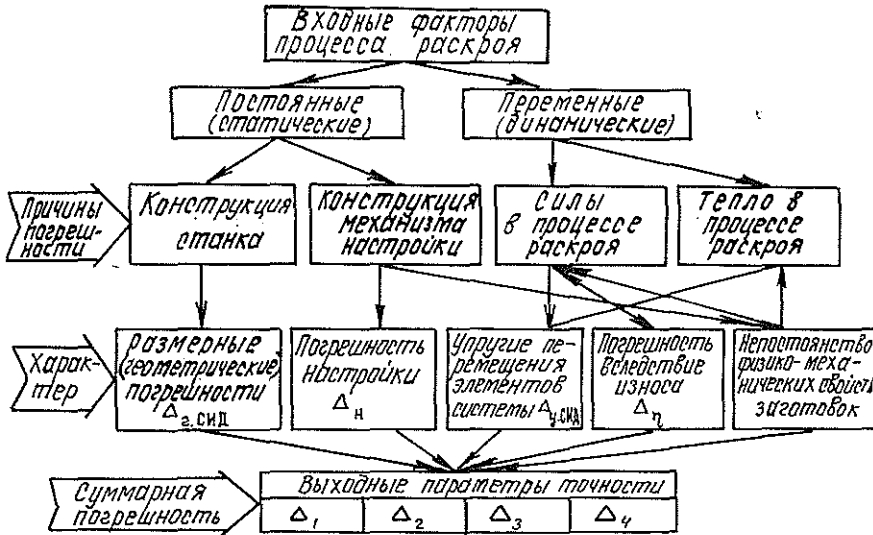


Рис. 1

мок плиты к пласти Δ_4 — замыкающие звенья размерных цепей, составляющими звеньями которых являются точностные параметры соответствующих элементов системы СИД (станок — инструмент — дегаль). Выходные параметры точности элементов системы СИД, в свою очередь, рассматривают как замыкающие звенья размерных цепей, у которых составляющие — точностные параметры сборочных единиц, деталей, режущего инструмента (дисковой пилы).

В основу проведенных расчетов положен вероятностный метод. На основании анализа литературных источников [1, 2] нами установлены критерии и зависимости для определения коэффициента относительного рассеяния замыкающего звена λ_Δ . К ним отнесены: принятое значение относительного рассеяния составляющих звеньев λ_i ; число звеньев в цепи m ; диапазон изменения a допусков составляющих звеньев. Основная формула для определения допуска замыкающего звена T_Δ размерной цепи:

$$T_\Delta = t_\Delta \lambda_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 T_i^2} \quad (1)$$

где t_Δ — коэффициент риска;
 ξ_i — передаточное отношение составляющего звена;
 T_i — допуск составляющего звена;
 $m-1$ — число составляющих звеньев в размерной цепи.

С помощью уравнения (1) определим суммарную погрешность линейного размера при раскрое древесных плит. На рис. 2, а приведена восьмизвенная размерная цепь. Помимо геометрических погрешностей системы СИД $\Delta_{г.СИД}$ и погрешности настройки $\Delta_{н.в}$ составляющими звеньями цепи являются погрешности Δ_η , возникающие в процессе затупления зубьев пилы, и упругие перемещения элементов системы СИД $\Delta_{у.в}$.

На рис. 2, б приведена четырехзвенная размерная цепь по определению погрешности разбивки пропила ΔF . Для заданного промежутка времени t_k она находится в функциональной зависимости от геометрической погрешности элементов системы СИД $\Delta_{г.СИД}^1$, упругих перемещений элементов системы СИД $\Delta_{у.в}$ (t_k) и погрешности вследствие износа и затупления зубьев пилы $\Delta_\eta(t_k)$.

Математическая модель точности раскроя выражена комплексом расчетных формул:

а) для геометрической погрешности элементов системы СИД

$$\Delta_{г.СИД} = t_\Delta \lambda_\Delta \sqrt{\Delta_{т1}^2 \xi_1^2 + \Delta_{т2}^2 \xi_2^2 + \Delta_{т.п}^2 \xi_3^2} \quad (2)$$

где $\Delta_{т1}$ — отклонение от перпендикулярности плоскости вращения пильного диска поперечного суппорта относительно базовой поверхности стола;
 $\Delta_{т2}$ — отклонение от параллельности плоскости вращения пильного диска поперечного суппорта к направлению перемещения стола с деталью;
 $\Delta_{т.п}$ — торцевое биение дисковой пилы;

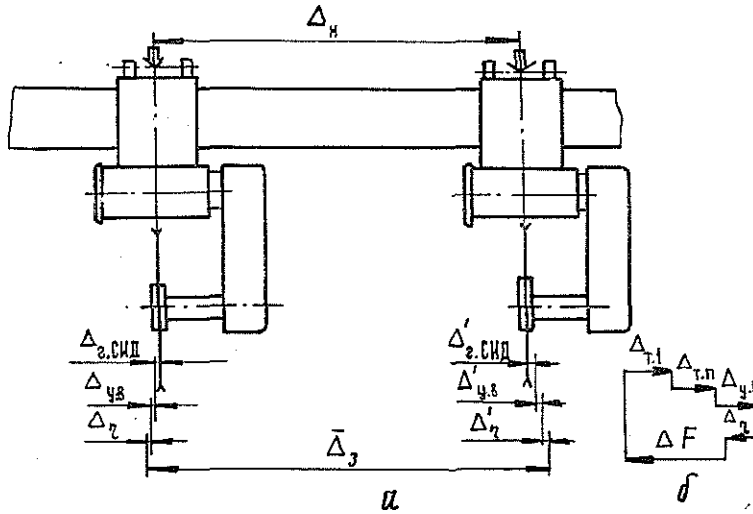


Рис. 2

б) для упругих перемещений элементов системы СИД

$$\Delta_{у.в} = t_{\Delta} \lambda_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \Delta_{S_i}^2 \xi_i^2 + \sum_{j=1}^{n-1} y_j^2 \xi_j^2 + y_n^2 \xi_3^2}. \quad (3)$$

Здесь $\sum_{i=1}^{m-1} \Delta_{S_i}$ — суммарная величина перемещений вследствие податливости соответствующих узлов в связи с наличием зазоров в соединениях;

$\sum_{j=1}^{n-1} y_j$ — упругие деформации деталей суппорта;

y_n — упругие отжатия пилы в процессе раскря;

в) для погрешности настройки поперечных суппортов

$$\Delta_{п} = t_{\Delta} \lambda_{\Delta} \sqrt{\Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}^2 + \Delta_{смещ}^2}, \quad (4)$$

где $\Delta_{рег}$ — погрешность регулирования положения режущего инструмента и отдельных узлов станка относительно заготовки;

$\Delta_{изм}$ — погрешность измерения пробных заготовок, по которым производят настройку;

$\Delta_{смещ}$ — погрешность определения среднего размера $\Delta_{смещ} = \frac{6\sigma}{\sqrt{m}}$;

г) для погрешности разбивки пропила в заданный промежуток времени t_k

$$\Delta F(t_k) = t_{\Delta} \lambda_{\Delta} \sqrt{\Delta_{г.1}^2 \xi_1^2 + \Delta_{г.п}^2 \xi_3^2 + \Delta_{у.в}^2(t_k) + \Delta_{г}^2(t_k)}; \quad (5)$$

д) для погрешности линейного размера

$$\bar{\Delta}_3 = t_{\Delta} \lambda_{\Delta} \sqrt{2\Delta_{г.сид}^2 + 2\Delta_{у.в}^2 + 2\Delta_{г}^2 + \Delta_{н}^2}; \quad (6)$$

е) для погрешности линейного размера в заданный промежуток времени t_k

$$\Delta_3(t_k) = t_{\Delta} \lambda_{\Delta} \sqrt{\Delta^2 F(t_k) + 2\Delta_{г.2}^2 + \Delta_{н}^2(t_k)}. \quad (7)$$

Приводим исходные данные для расчета выходных параметров технологической точности форматного станка мод. ЦТМФ с ПУ: геометрическая погрешность элементов системы СИД $\Delta_{г.сид} = 0,875$ мм; упругие перемещения элементов системы СИД $\Delta_{у.в} = 0,85$ мм; погрешность настройки $\Delta_{п} = 1,9$ мм; погрешность линейного размера $\Delta_3 = 4,22$ мм.

Нами получено $\Delta_3 = 4,22$ мм, что соизмеримо с фактическими данными.

Следовательно, математическая модель точности раскря древесных плит позволяет прогнозировать точность раскря на стадии проектирования форматных станков.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дунаев П. Ф. Размерные цепи.— М.: Машгиз.— 1963.— 307 с. [2]. Иващенко И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации.— М.: Машиностроение.— 1975.— 222 с.

УДК 674.093

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМА ПАРТИИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ВЕДУЩЕГО СЕЧЕНИЯ

А. В. КУЧИН, Ю. Ф. ВОРОНЦОВ

Архангельский лесотехнический институт

В 1980—1985 гг. на ряде ведущих лесопильно-деревообрабатывающих предприятий Минлесбумпрома СССР были реконструированы участки окончательной обработки пиломатериалов. Только на предприятиях Архангельска пущено в эксплуатацию 8 линий сушки и 10 линий торцовки, сортировки, маркировки и пакетирования.

Как показала практика эксплуатации этого оборудования, его эффективность может быть обеспечена путем формирования крупных партий запуска пиломатериалов одного сечения. Однако существующая технология подготовки пиловочного сырья к распиловке не может обеспечивать синхронизацию участка формирования сечений пиломатериалов с участком их окончательной обработки.

В целях повышения коэффициента использования технологических линий, как правило, из спецификации выделяют два-три ведущих сечения пиломатериалов. При этом перед линиями создают их буферные запасы. Понятно, что это приводит к увеличению себестоимости производства пиломатериалов.

Один из путей повышения эффективности использования оборудования окончательной обработки пиломатериалов — совершенствование технологии сортировки пиловочного сырья перед распиловкой. Критерий для выбора более оптимального варианта сортировки пиловочника (в условиях одного завода) — объем партий пиломатериалов ведущего сечения, получаемый за определенный оперативный промежуток времени. Для расчета объема партии пиломатериалов ведущего сечения нами разработана специальная методика, которую можно использовать при любой дробности сортировки. Единственное технологическое ограничение заключается в том, что в распиловку должен подаваться смежный диаметр пиловочного сырья. Ниже указаны основные положения этой методики.

Ранее нами была получена регрессивная зависимость часовой производственной мощности лесопильного цеха от структуры потоков

$$П = 1,56 + 49,34n_a + 18,66n_p - 0,67n_a n_p - 8,33n_a^2 - 0,26n_p^2, \quad (1)$$

где n_a — число агрегатных потоков;

n_p — число рамных потоков.

Уравнение (1) справедливо при существующей системе сортировки пиловочного сырья, когда в распиловку подают всю гамму диаметров пиловочного сырья с подсортировкой по одному-двум четным диаметрам. В общем виде диапазон диаметров распиливаемого сырья обозначим

$$D = [d_1, \dots, d_n]. \quad (2)$$

Здесь d_1, \dots, d_n — четные диаметры пиловочного сырья.

Пиломатериалы ведущего сечения выпиливают к поставкам из пиловочного сырья в диапазоне диаметров

$$D' = [d_l, \dots, d_m]; \quad (3)$$

при этом

$$D' \in D; \quad d_l \geq d_1; \quad d_m \leq d_n.$$

Удельный вес пиловочного сырья в диапазоне D' от общего объема распиливаемого в единицу времени сырья можно определить из выражения

$$y = \frac{\sum_{i=l}^m p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (4)$$

где p_i — доля сырья i -го диаметра.

Величины p_i принимают согласно распределению пиловочных бревен по диаметрам по данным ЦНИИМОДа*.

Часовой объем пиловочного сырья, распиливаемого для получения пиломатериалов ведущего сечения, найдем по формуле:

$$\Pi' = y\Pi. \quad (5)$$

Определим соотношение объемов пиловочного сырья, распиливаемого k поставками для получения партии пиломатериалов ведущего сечения:

$$p'_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^m p_i}. \quad (6)$$

Здесь p'_i — доля сырья i -го четного диаметра от общего объема сырья, распиливаемого для получения пиломатериалов ведущего сечения.

Количество бревен i -го четного диаметра, шт.

$$z_i = \frac{p'_i \Pi'}{q_i}. \quad (7)$$

где q_i — средний объем бревна i -го четного диаметра.

Объем партии пиломатериалов ведущего сечения, шт./ч, можно определить по формуле:

$$N = \sum_{i=1}^m z_i \tau_i. \quad (8)$$

Здесь τ_i — число досок ведущего сечения, выпиливаемых из одного бревна i -го четного диаметра.

Пропускная способность линий окончательной обработки пиломатериалов измеряется в штуках досок в единицу времени, а не в кубических метрах, так как при одном и том же количестве досок, но при их разной средней длине производительность в кубометрах будет различной. Поэтому объем партии пиломатериалов ведущего сечения мы определяли в штуках досок.

По разработанной методике для условий ряда предприятий Архангельска нами были определены часовые и суточные объемы партий пиломатериалов ведущих сечений на выходе из лесопильного цеха и проведено их сравнение с суточной потребностью линий для работы на этих сечениях без переналадки (см. табл.). При расчетах принят трехсменный режим работы лесопильного цеха и двухсменный режим работы линий «Plan-Sell», а также использованы данные предприятий о фактической производительности линий на рассматриваемых сечениях пиломатериалов.

Предприятие	Число лесопильных потоков	Ведущее сечение	Объем партии пиломатериалов ведущего сечения		Суточная потребность линий в бревнах	
			шт./ч	шт./сут	м ³	шт.
ЛДК им. В. И. Ленина	5	38 × 100	1 095	25 185	301,5	15 556
ЛДК № 3	4	44 × 100	841	19 343	529,0	23 574
СЛДК (цех № 1)	7	50 × 100	909	20 907	552,4	21 663

Из данных таблицы видно, что суточные возможности лесопильных цехов по выпуску партии пиломатериалов ведущего сечения не всегда удовлетворяют потребности линий «Plan-Sell», что и приводит к созданию буферных запасов. Как указано выше, один из путей повышения эффективности использования линий окончательной обработки пиломатериалов — совершенствование технологии сортировки пиловочного сырья перед распиловкой. Предлагаемую методику расчета объема партии пиломатериалов ведущего сечения можно эффективно применять при сравнительной оценке различных вариантов сортировки. Ее использование возможно и в других технологических расчетах, связанных с синхронизацией работы участка формирования сечений пиломатериалов с участком их окончательной обработки.

* Кулиш В. Г., Коротов С. С. Распределение пиловочных бревен по диаметрам // Совершенствование технологии и оборудования лесопильного производства: Науч. тр. — Архангельск: ЦНИИМОД. — С. 10—14.

УДК 676.164.3.026.62

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ
НА СУЛЬФАТНУЮ ВАРКУ КОРЫ РАСТЕНИЯ «ЖЁ»**

ЗЫОНГ-БА-ЗУНГ, А. Б. МАРШАК, Ю. Г. БУТКО

Ленинградский технологический институт ЦБП

Кору растения «Жё» используют для изготовления бумаги в СРВ, КНР и Индии. Однако при этом получают, в основном, механическую массу путем водной обработки и ее последующего размола.

Интересно получить из коры «Жё» сульфатную целлюлозу и исследовать влияние основных факторов на результат варки. С этой целью кору «Жё», доставленную из СРВ, измельчали до размеров 20 × 5 мм. Толщина кусочков коры составляла 1...2 мм. Варку осуществляли в батарейных автоклавах на глицериновой бане.

Для определения влияния сульфидности щелока на выход целлюлозы были осуществлены варки коры «Жё» на белом щелоке при 15 %-ном расходе активной щелочи (в единицах Na₂O) с сульфидностью от 5 до 40 %. Для сравнения была проведена натронная варка при том же расходе щелочи.

Результаты варки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние сульфидности белого щелока на выход целлюлозы

№ п/п	Сульфидность белого щелока, %	Выход целлюлозы, %	Жесткость целлюлозы, п. е.	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч. д. п.	Сопротивление продавливанию, МПа	Сопротивление раздиранию, мН
1	0	40,0	17,6	4 500	1 040	300	140
2	5	42,3	16,6	4 550	1 150	290	170
3	10	42,1	16,9	4 400	1 860	297	160
4	20	41,5	17,3	4 300	1 610	308	250
5	30	41,3	17,5	4 200	1 480	323	250
6	40	41,3	17,8	4 000	1 100	368	270

Примечание. Во всех случаях расход активной щелочи 15 % ед. Na₂O, температура варки 170 °С, продолжительность варки 45 мин.

Как видно из данных табл. 1, увеличение сульфидности щелока повышает выход целлюлозы. Наибольшее ее содержание наблюдается при переходе от натронной к варке на белом щелоке с 5 %-ной сульфидностью. Дальнейшее возрастание сульфидности мало сказывается на выходе целлюлозы.

Изменение сульфидности белого щелока почти не влияет на жесткость целлюлозы. Это позволяет сделать заключение о том, что повышение выхода происходит за

Таблица 2

Влияние расхода активной щелочи на выход целлюлозы

№ п/п	Расход активной щелочи, % ед. Na ₂ O	Непробвар, %	Выход сортированной целлюлозы, %	Общий выход, %	Жесткость целлюлозы, число Каппа	Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч. д. п.	Сопротивление продавливанию, МПа	Сопротивление раздиранию, мН
1	5	4,7	51,5	56,2	73,2	4 850	1 290	340	280
2	7	2,9	50,6	53,5	70,2	5 450	1 470	370	280
3	9	1,3	49,6	50,9	32,0	5 550	1 520	410	230
4	11	—	47,3	47,3	19,6	5 900	1 630	350	190
5	13	—	43,3	43,3	18,1	5 400	1 200	330	180
6	15	—	42,3	42,3	16,2	4 650	1 100	320	180

Примечание. Во всех случаях сульфидность белого щелока 5 %, температура варки 170 °С, продолжительность варки 45 мин.

счет сохранения углеводной части сырья. Увеличение сульфидности щелока по-разному сказывается на механической прочности волокнистого полуфабриката: разрывная длина уменьшается, сопротивление продавливанию и сопротивление раздиранию возрастают, сопротивление излому сначала повышается до 10 % сульфидности, а затем уменьшается. Для установления влияния расхода активной щелочи на выход целлюлозы была проведена варка, при которой расход щелочи изменяется в пределах 5...15 % в ед. Na_2O . Так как наилучшие результаты выхода в предыдущей варке были получены при 5 %-ной сульфидности, то в данном случае применяли щелок с указанной сульфидностью. Полученные данные представлены в табл. 2. Анализируя табличные данные, можно прийти к выводу, что увеличение расхода активной щелочи снижает механическую прочность и жесткость целлюлозы, что и следовало ожидать.

Для проверки влияния температуры были проведены варки при 165, 170 и 175 °С. Щелок имел 5 %-ную сульфидность. Расход активной щелочи составлял 9 %, продолжительность варки 30 мин. Результаты приведены на рис. 1, 2.

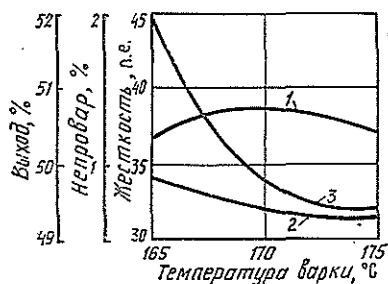


Рис. 1. Влияние температуры варки на выход (1), непрочность (2) и жесткость (3) целлюлозы

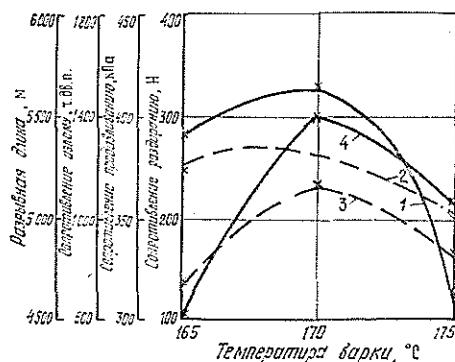


Рис. 2. Влияние температуры варки на механические свойства целлюлозы: 1 — разрывная длина; 2 — сопротивление излому; 3 — сопротивление продавливанию; 4 — сопротивление раздиранию

Механические свойства целлюлозы достигают максимальных значений при 170 °С. Это позволяет заключить, что дальнейшее повышение температуры приводит к разрушению углеводной части сырья.

Таким образом, целлюлоза из коры «Жё» имеет достаточно высокий выход и удовлетворительные механические показатели. Влияние основных факторов щелочной варки коры «Жё» сходно с варкой лиственной древесины.

УДК 630*86:674.87

БИОАКТИВНЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

В. А. ВЫРОДОВ, Е. В. УШКОВА, Г. С. ХУДАШОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Живые клетки хвои — фабрика синтеза многих биоактивных веществ, которые можно использовать для получения продуктов лечебно-профилактического и кормового назначения. В настоящее время в производственных условиях получают более десяти наименований таких продуктов: паста хвойная хлорофилло-каротиновая и бальзамическая, хвойный воск, экстракт хвойный натуральный, провитаминный концентрат и др. [1, 2]. Эти продукты включают в себя комплекс биоактивных веществ, которые в технологическом процессе подвергаются тепловой обработке, действию органических растворителей. В этих условиях некоторые из них, например хлорофилл и ряд витаминов, несколько изменяются и переходят в менее активные формы. Этот факт наводит на мысль о возможности получения продуктов кормового назначения в нативном состоянии. Таким продуктом является хвойный клеточный сок, который получают путем деформации древесной зелени на шнековом прессе (марки МП-68) и применяют в пищевой промышленности для отжима растительного масла из семян масличных культур.

Способ подготовки древесной зелени или путем деформирования на шнековом

прессе перед экстракцией ее органическими растворителями прошел промышленное испытание в цехе Стрелчского леспромпхоза ЛатвССР [3]. Деформированию подвергали древесную зелень, предварительно измельченную на агрегатах «Волгарь», ИПС, и исходную.

Во всех случаях древесную зелень размельчали с разрушением клеточной структуры хвой и древесных побегов. Продолжительность обработки сырья на шнековом прессе 1...2 мин при давлении (270...300) · 10⁴ Па. Производительность пресса по сырию 1...1,5 т/ч. Использовали шнековый пресс МП-68, который отслужил амортизационные сроки на операции отжима масла и был передан Стрелчскому ЛПХ Лиепайским маслоэкстракционным заводом.

При деформировании древесной зелени в зависимости от времени года и срока хранения с 1 т сырья отжимается 100...200 л хвойного клеточного сока, который является нативным продуктом, содержащим биоактивные вещества в неизменном состоянии.

Хвойный клеточный сок представляет собой жидкость зеленого цвета с запахом хвой и кислой реакцией (рН 4...4,5). Микроскопическое исследование показало наличие в соке целых или частично разрушенных хлоропластов, капель липидов, зерен крахмала и мельчайших частичек хвой. Плотность сока — 1 040...1 060 кг/м³, содержание сухих веществ — 16...18 %, из них водорастворимых — 6...8 %, протенна — 5...6 %, зола — 4...5 %. В состав эфирорастворимых веществ входят: смоляные кислоты — 12...18 %, жирные кислоты — 30...35 %, неомыляемые вещества — 45...50 %. В хвойном соке ели содержатся пигменты (хлорофилл и его производные — 600...1 000 мг/л, каротин и каротиноиды — 10...15 мг/л), витамины: С — 150...200 мг/л, Р — 300...500 мг/л, Е — 30...36 мг/л. На этот продукт разработаны ТУ 56 ЛатвССР 31—02—84 и установлена цена 153,3 р. за 1 т.

Еловый клеточный сок испытан в качестве биоактивной витаминной добавки в рацион сельскохозяйственных животных в колхозах Валкского агропромышленного объединения ЛатвССР.

Среднесуточная доза хвойного клеточного сока составляет 50...100 г на одну корову. При использовании его молодняком крупного рогатого скота среднесуточный привес возрос на 14...15 %, при подкормке дойных коров удой увеличился на 3 %, при этом обеспечивалось получение крепкого здорового потомства.

В колхозах Валкского агропромышленного объединения проводили испытания и по использованию отработанной древесной зелени в качестве грубого корма для крупного рогатого скота. В Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской обл. из проэкстрагированной древесной зелени получают кормовую муку и продают ее колхозам по цене 150 р. за 1 т. Получение кормовой муки — энергоемкое производство и требует значительных затрат тепла [4], так как отработанную хвойную древесную зелень необходимо высушить от 60...70 %-ной влажности до содержания влаги 8...12 %, т. е. с каждой тонны древесной зелени удалить порядка 600 кг влаги.

Мы предложили использовать, отработанную древесную зелень (после бензиновой экстракции и отгонки растворителя острым паром) в качестве грубого корма без дополнительной переработки и поставлять ее близлежащим колхозам и совхозам непосредственно после выгрузки из экстракторов.

На этот продукт — «хвойный корм» — разработаны технические условия (ТУ 56 ЛатвССР 31—01—83) и установлена цена — 5 р. за 1 т продукта.

Влажность хвойного корма — 60...75 %. В нем содержится (в пересчете на сухое вещество корма) 70...120 мг % хлорофиллопроизводных, 2...10 мг % каротиноидов, 4,8...6,4 % протенна. Переваримость (по Жукову) для елового корма — 34...46 %, для соснового — 45,6...60,8 %.

Испытания хвойного корма в сельском хозяйстве дали положительные результаты.

В Стрелчском леспромпхозе получают обогороженный хвойный корм путем обработки хвойного корма еловым клеточным соком (100 л сока на 1 т корма). Обработку проводили сразу после выгрузки отработанной древесной зелени из экстракторов.

Обогороженный хвойный корм добавляли в рацион крупного рогатого скота в количестве 2...3 кг на одну голову в сутки. Среднесуточный привес молодняка возрос при этом на 25...26 %.

Таким образом, с целью пополнения ассортимента биоактивных добавок высокой эффективности в рацион сельскохозяйственных животных, производствам, перерабатывающим древесную зелень, рекомендуются для освоения три новых биоактивных продуктов из древесной зелени: хвойный клеточный сок, хвойный корм и обогороженный хвойный корм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Левин Э. Д., Репях С. М. Переработка древесной зелени.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 120 с. [2]. Лес — сельскому хозяйству / Под ред. А. Я. Калининша.— М.: Лесн. пром-сть, 1978. [3]. Подготовка древесной зелени к экстракции / Е. В. Ушкова, Г. С. Худашова, В. А. Выротов и др. // Химическая переработка древесного сырья: Межвуз. сб. тр.— Л., 1984. [4]. Ягодин В. И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.— 224 с.

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 630*232(437)

О ЛЕСОКУЛЬТУРНОМ ДЕЛЕ В СЛОВАКИИ

С 1 по 3 сентября 1987 г. в ЧССР проходила Международная научная конференция по случаю 180-й годовщины высшего лесного дела в ЧССР и 35-й годовщины основания Лесотехнического института в г. Зволен (Словакия).

Зволенский лесотехнический институт был основан в 1952 г. Он продолжает богатые традиции высшего лесного обучения в Словакии, восходящие к 1770 г., когда началось обучение лесоводческим дисциплинам в Горнопромышленной академии в Банска-Штиавнице. В 1807 г. был основан Лесной институт, положивший начало высшему лесному образованию в Чехословакии. Научно-исследовательская работа Зволенского лесотехнического института направлена на оптимизацию ведения хозяйства в лесных экосистемах и выяснение роли леса в ландшафте. Чехословакия — одна из лесистых (35 %) стран Европы, где преобладают хвойные насаждения с доминированием ельников из ели европейской (43 % территории лесов страны).

Тематика заслушанных на конференции докладов, а также экскурсионные осмотры природных объектов показывают, что основными направлениями лесокультурного дела являются вопросы густоты, биологической продуктивности и мер лесоводственных уходов за искусственными насаждениями. Доля искусственных лесов в Словакии составляет 7 %. При выборочной форме хозяйства создаются частичные культуры путем посадки куртин из хозяйственно ценных культур.

Значительные объемы искусственного восстановления лесов предприняты за последние 25 лет на земельных угодьях, изъятых из сельскохозяйственного пользования и отведенных в лесной фонд, согласно постановлению правительства. Так, в истоках р. Ипель в целях повышения лесистости и выполнения водоудерживающих функций за период с 1961 г. по 1979 г. было создано 5 527 га лесных культур. Благодаря этому, лесистость территории увеличилась с 29 до 49 %. Лесные культуры создавали саженцами (98,5 %) и семенами (1,5 %). В первые годы работы проводили вручную, в незначительном количестве использовали переносные ямокопатели. С 1975 г. на лесокультурных работах стали применять лесопосадочные машины (Quickwood, RZS), однако преобладал ручной труд. По породному составу в заложенных лесокультурах хвойные составляют 75,9 %, причем на долю ели приходится 55,8 %, сосны — 7,8 %, лиственницы — 7,4 %, пихты белой — 3,3 %, а лиственные — 24,1 %, причем бук занимает 12,7 %, дуб зимний — 3,9 % и клен — 4,7 %.

В насаждениях, созданных в бассейне р. Ипель и Римавица, по инициативе Министерства лесного и водного хозяйства был заложен демонстрационный объект на площади около 240 га, где научно-исследовательские организации совместно с Гослесами начали целенаправленные исследования и проверку методов ухода в искусственных еловых молодняках и жердняках и изучение водохозяйственной и водоохранной функций этих насаждений. В выборе территории объекта большую роль сыграли доступность, низкая посещаемость, малое влияние вредных факторов, хорошая проходимость, большая доля культур ели на благоприятных местопрорастаниях, однородность структурных признаков насаждений, выравненность лесорастительных условий. Объект расположен на высоте 740...917 м над уровнем моря. В геологическом основании — кристаллические породы. Почва преимущественно бурая лесная, супесчаная. Среднегодовая температура +6 °С (в вегетационный период +12 °С), среднегодовое количество осадков 900 мм (в вегетационный период 300 мм).

На территории объекта в 1979—1980 гг. в 14-летних культурах ели были заложены опыты по уходу за однородными и разновозрастными еловыми лесокультурами.

Средняя густота посадки на опытных участках 7 000 тыс. шт. на 1 га при ширине междурядий 1,2...1,4 м. Цель опыта — исследовать объем продукции, ее качество и устойчивость насаждений при традиционных методах ухода (своевременных, умеренных и частых) и нетрадиционных (своевременных, интенсивных и редких). На опытных площадях исследуются как методы, учитывающие в первую очередь биолого-производственный аспект, технико-экономический аспект, так и методы, выдвигающие на первый план водохозяйственную функцию.

Первые результаты (обмер через 5 лет) показывают, что сочетание наивысших приростов по высоте, диаметру и запасу характерно для комбинированного метода интенсивностью до 50 % (25 % схематический и 25 % селективный). Однако учитывая, что план опытных лесоводственных мероприятий составлен на длительный срок (до 30 лет), нельзя еще сделать окончательных выводов.

В опытно-производственных лесных культурах исследуют также методы и технику работ, густоту культур и ширину междурядий, пространственное упорядочение насаждений, пород и т. д. На основании рекомендации Рабочей группы ИЮПРО и проекта проф. Франца в Словакии был заложен опыт, цель которого — изучить влияние конкуренции и условий формирования разных форм крон ели при одинаковой густоте их посадки, но с различным шагом посадки и шириной междурядий, т. е. с разным индексом равномерности размещения. Опыт был заложен в 1981—1982 гг. на землях из-под сельскохозяйственного пользования. Посадочным материалом служили саженцы 1 + 2. Изучали густоту посадки: 2 500 шт. на 1 га с размещениями 5,0 × 0,8 м, 4,0 × 1,0 м, 3,0 × 1,33 м, 2,0 × 2,0 м и 5 000 шт. на 1 га с размещениями 2,5 × 0,8 м, 2,0 × 1,0 м, 3,0 × 0,67 м, 1,41 × 1,42 м. Измерения 1986 г. показали, что шаг посадки со временем приобретает приоритетное значение при определении необходимости первого лесоводственного вмешательства в искусственных молодняках ели. Ученые Зволненского лесотехнического института изучают вопрос о рациональном количестве саженцев бука на 1 га, которое гарантировало бы в количественном и качественном отношении надежность новых насаждений. Для этой цели на землях из-под сельскохозяйственного пользования заложены опытные культуры бука с густотой посадки 2 500, 5 000, 7 000 и 10 000 саженцев на 1 га.

М. Д. Мерзленко

Московский лесотехнический институт

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 502.7(049.3)

УЧЕБНИК ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ*

Рецензируемый учебник посвящен одной из глобальных проблем — охране окружающей среды. Сейчас эта проблема приобрела большую народнохозяйственную и государственную значимость.

Весьма ценно, что книга написана белорусскими учеными и вышла в республике, которая является активным участником Программы ООН по окружающей среде.

В настоящее время в нашей стране совершенствуется государственная природоохранительная деятельность в условиях научно-технической революции, перестройки и непрерывного роста промышленности и других отраслей производственной сферы. Действует ряд указов и постановлений по этой проблеме.

Вопрос о широком развертывании экологического образования стоит остро и приобрел международное значение. Подтверждением является прошедший 17—21 августа 1987 г. в Москве Международный конгресс по образованию в области окружающей среды.

Авторы рецензируемого учебника поставили перед собой ряд взаимосвязанных вопросов: взаимодействие общества и природы, экологические основы охраны природы, ресурсы — атмосферы, вод, земли, растительного и животного мира и их охраны. В отдельные главы выделена правовая сторона охраны природы в СССР и в международном плане.

Последовательно и четко, на современном уровне излагается материал, характеризующий состояние проблемы охраны окружающей среды. Рассматриваются вопросы совершенствования технологических процессов, создания мало- и безотходных технологий и производств.

Можно полностью согласиться с авторами, «что идеи охраны природы должны стать составной частью мировоззрения каждого человека, а практическая деятельность в решении задач по охране природы — постоянной обязанностью специалиста любой профессии. Охрана природы — дело большой государственной важности».

Рассматриваемый учебник представляет определенный научный и практический интерес, дает перспективу в работе каждому специалисту, показывает его место и отношение к окружающей природе в ситуациях, когда принимаемые решения могут нанести ущерб природе.

Заслуживает внимания полиграфическое оформление. Книгой удобно пользоваться, благодаря наличию оригинального иллюстрационного материала, списка справочной литературы и предметного указателя.

Из замечаний хотелось бы указать на отсутствие в списке литературы работ, связанных с использованием ядохимикатов (труды Менделеевского общества, Госгидромета СССР и др.).

Учебник В. С. Романова и Н. З. Харитоновой «Охрана природы» следует считать большим успехом Белорусского издательства «Вышэйшая школа». Написан он на современном уровне развития науки и техники, полностью отвечает программе лесных учебных заведений.

Ю. В. Синадский

Главный ботанический сад АН СССР

* Романов В. С., Харитонова Н. З. Охрана природы.— Мн.: Вышэйш. школа, 1987.— 247 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. С. Романов.</i> Вклад лесной науки в перестройку — каким он будет?	3
--	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>И. И. Гусев, В. М. Жариков.</i> Динамика формирования годичного слоя ели	5
<i>В. А. Алексеев.</i> Регуляторы роста древесных растений — галондные соли гидратиния	10
<i>В. К. Балабушка.</i> О двух формах гледичии обыкновенной	14
<i>С. А. Петров, А. И. Сиволапов.</i> Изменчивость, наследуемость и корреляция полигенных признаков в клоновой популяции сосны обыкновенной	18
<i>Ю. И. Трещевский.</i> Рекреационное лесопользование в Воронежской области	21
<i>Г. Г. Эрская.</i> Влияние метеорологических условий на развитие болезней сеянцев сосны в лесных питомниках Марийской АССР	25

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С. И. Морозов.</i> О точности определения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей	29
<i>В. Н. Меньшиков, С. Н. Сотонин.</i> Влияние вылета манипулятора на производительность ВПМ при рубках промежуточного пользования	33
<i>А. И. Пеленков.</i> Теоретическое обоснование режима технического обслуживания трелевочного трактора	36
<i>З. Д. Втюрина.</i> Теоретическое исследование устойчивости лесопогрузчика башенного типа в случае экстремальной разгрузки грейфера	41
<i>И. Н. Береговой.</i> Исследование зависимости напряжений вторичного изгиба от параметров свивки в несущих канатах подвесных канатных установок	46
<i>А. Н. Пикущов.</i> Пути совершенствования технологии и техники для подготовки волокон и лесовозных дорог в горах	51

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. В. Амалицкий.</i> Тепловая модель процесса приклеивания при облицовывании кромок мебельных щитов с помощью клеев-расплавов	57
<i>В. Н. Плюснин, Ц. А. Готлиб, А. И. Шейнов, В. А. Дымочко.</i> Теоретические исследования напряженного состояния круглых пил новой конструкции	62
<i>Ю. Б. Вылегжанин.</i> О некоторых допущениях при расчете соединений на стальных стержнях, вклеенных в древесину	67
<i>А. Н. Кармадонов, Н. М. Онтикова, С. В. Поздняков.</i> Оптический метод дефектоскопии пиленных лесоматериалов	71
<i>Р. В. Луцук, В. Л. Ломазов.</i> Определение теплоты испарения влаги при сушке коры ели электрокалориметрическим методом	74

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Л. Г. Попова, А. А. Юринова, И. В. Полянская, Т. И. Прохорчук, А. И. Киприанов.</i> Изучение рострегулирующей активности основных групп органических соединений черного шелока от сульфатной варки лиственной древесины	78
<i>И. П. Дейнеко, А. Б. Никандров.</i> Влияние температуры на скорость делигнификации древесины в присутствии антрахинона	84
<i>Д. Д. Мацкевич, Б. Е. Вьюков.</i> О роли изменчивости размеров технологической щепы в ЦБП	87
<i>Е. Д. Гельфанд.</i> К классификации способов получения фурфурола из растительного сырья	91

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>В. В. Крицкая, Т. С. Лобовиков.</i> «Малое» лесопиление и использование низкосортного сырья	96
--	----

А. С. Белоусов, В. С. Жиров, В. Л. Поздеев. Основные этапы формирования регионального лесного комплекса (на примере Марийской АССР)	102
С. З. Михли, В. М. Евдокимов. Оценка эффективности внедрения методов учета лесоматериалов	106
В. П. Бычков, В. М. Заложных. Совершенствование состава автопарка на лесных предприятиях	109
В. С. Костенко, С. П. Присяжнюк. Методика оценки пропускной способности сети обмена данными в АСУ объединением	112

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. Г. Шавнин. Плотность древостоев	117
Ю. Б. Мамаев. Комплексы стволовых насекомых лиственничников Тувы в древесине различной хозяйственной пригодности	119
А. П. Рябконов. Лесоводственная оценка структуры древостоев и факторы риска при различных способах рубок ухода в культурах сосны	122
А. Н. Чемоданов. Снижение фронта сортировки при специализации основных потоков нижнего склада	125
В. Ф. Ветшева, Г. А. Логинова. Резервы повышения объемного и ценностного выхода пиломатериалов	127
В. Ю. Поляков. Математическая модель точности обработки на форматных деревообрабатывающих станках	128
А. В. Кучин, Ю. Ф. Воронцов. Методика расчета объема партии пиломатериалов ведущего сечения	131
Зыонг-Ба-Зунг, А. Б. Маршак, Ю. Г. Бутко. Влияние основных факторов на сульфатную варку коры растения «Жё»	133
В. А. Выродов, Е. В. Ушкова, Г. С. Худашова. Биоактивные добавки из древесной зелени	134

ЗА РУБЕЖОМ

М. Д. Мерзленко. О лесокультурном деле в Словакии	136
---	-----

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Ю. В. Синадский. Учебник по охране природы	138
Рефераты	143

CONTENTS

<i>E. S. Romanov.</i> Contribution Forest Science into Perestroika — What is to be?	3
---	---

FORESTRY

<i>I. I. Gusev.</i> Dynamics of Spruce Annual Layer Formation	5
<i>V. A. Alekseev.</i> Hydrazinium Hallogen Salts as Woody Plants Growth Regulators	10
<i>V. K. Balabushka.</i> On Two Forms of Honey Locust	14
<i>S. A. Petrov, A. I. Stvolapov.</i> Variability, Inheritance and Correlation of Polygenes Features in Scotch Pine Clone Population	18
<i>Yu. I. Treshevsky.</i> Recovery Forest Use in the Voronezh Region	21
<i>G. G. Erskaya.</i> Influence of Meteorological Conditions on Pine Seedlings Diseases Development in the Mari ASSR Forest Tree Nurseries	25

FOREST EXPLOITATION

<i>S. I. Morozov.</i> On Accurate Determination of Temperature-Stressed Welded Rails	29
<i>V. N. Menshikov, S. N. Sotnin.</i> Manipulator Flight Effect on Felling-Bunching Machine Output at Intermediate Felling	33
<i>A. I. Pelenkov.</i> Theoretical Substantiation of Skidder Maintenance Conditions	36
<i>Z. D. Vtyurina.</i> Research into Tower Timber Loader Stability in Case of Emergency Grab Unloading	41
<i>I. N. Beregovoy.</i> Investigation of Secondary Bending Strains Relationship to Upper Rope Twist Parameters	46
<i>A. N. Pikushov.</i> Ways of Technology and Machinery Development for Preparation of Trails and Logging Roads under Mountainous Conditions	51

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>V. V. Amalitsky.</i> Thermal Model of Gluing Process of Furniture Sheets Edgebanding	57
<i>V. N. Plyusnin, St. A. Cotlid, A. I. Sheinov, V. L. Dymochko.</i> Research into Strain of Circular Saws of New Design	62
<i>Yu. B. Vylegzhanin.</i> On some Assumption Made under Analysis of Steel-Rod-Pasted in Wood Joints	67
<i>A. I. Karmadonov, N. M. Ontikova, S. V. Pozdnyakov.</i> On Optical Method of Sawed Timber Inspection	71
<i>R. V. Lutsyk, V. L. Lomazov.</i> Determination of Moisture Evaporation Heat at Electrocolorimetric Drying of Spruce Bark	74

CHEMICAL WOODWORKING

<i>L. G. Popova, A. A. Yurina, I. V. Polyanskaya, T. I. Prokhorchuk, A. I. Kiprianov.</i> Investigation into Main Groups Growth-Regulating Activity of Organic Compounds of Hardwood Kraft Pulping Black Liquor	78
<i>I. P. Deineko, A. B. Nikandrov.</i> Temperature Effect on Antraquinone Wood Delignification Rate	84
<i>D. D. Matskevich, B. E. Vyukov.</i> On Role of Size Variability of Chips in Pulp and Paper Industry	87
<i>E. D. Gelfand.</i> Contribution to Classification of Methods for Obtaining the Furfural from Plant Raw Materials	91

ECONOMICS AND MANAGEMENT

V. V. Kritskaya, T. S. Lobovikov. „Small“ Wood Sawing and Use of Low-Grade Raw Materials	96
A. S. Belousov, V. S. Zhirov, U. L. Pozdeev. On Main Stages of Regional Forest Complex Establishment (the Mari ASSR)	102
S. V. Mikhli. Efficiency Assessment of Introducing Methods of Timber Calculation	106
V. P. Bychkov, V. M. Zalozhnykh. On Improvement of Fleet Composition of Forest Enterprises	109
V. S. Kostenko, S. P. Prisyazhnyuk. On Assessment Technique of Through-Put Capacity of Data Exchange Network at Association MTS	112

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. G. Shavnin. Density of Stands	117
Yu. V. Mamaev. Larch Forest Trunk Insects Complexes in Wood of Various Economic Usability in Tuva	119
A. P. Ryabokon. Forest Science Assessment of Stand Structure and Factors of Risk at Different Cleaning Cutting Methods in Pine Cultures	122
O. N. Chemodanov. Reduction of Sorting in Major Flow Specialization at Industrial Log Depot	125
V. F. Vetsheva. Reserves for Volume and Value Lumber Yield Increment	127
V. Yu. Polyakov. Mathematical Model of Precision Machining at Format Woodworking Machines	128
A. V. Kuchin, Yu. F. Vorontsov. Volume Calculation Method of Sawngoods Lot of Main Section	131
Zyong-Ba-Zung, A. B. Marshak, Yu. G. Butko. Main Factors Effect on Sulfate Pulping of Zhe Bark	133
V. A. Vyrodov, E. V. Ushkova, G. S. Khudashova. Bioactive Fodder Additives from Woody Greenery	134

ABROAD

M. D. Merzlenko. On Silviculture in Slovakia	136
--	-----

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

Yu. V. Sinadsky. Textbook on Nature Protection	138
Precis	143

РЕФЕРАТЫ

Вклад лесной науки в перестройку — каким он будет? РОМАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 3—4.

УДК 630*811.4

Динамика формирования годичного слоя ели. ГУСЕВ И. И., ЖАРИКОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 5—9

Рассмотрены сроки деятельности камбия и динамика отложения трахеид еловых деревьев средней подзоны тайги. Показано, что формирование годичного слоя древесины ели за вегетационный период варьирует в зависимости от климатических условий, индивидуальной особенностей роста деревьев и факторов внешней среды. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*243.8:631.811.98

Регуляторы роста древесных растений — галлоидные соли гидразиния. АЛЕКСЕЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 10—14.

Приведены данные о действии галлоидных солей гидразиния как замедлителей роста мелколиственных пород в молодняках и их стимулирующем влиянии на всхожесть семян сосны и ели. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*165.6

О двух формах гледичии обыкновенной. БАЛАБУШКА В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 14—17.

Приведены трехлетние результаты учета урожайности колючковой и бесколючковой формы гледичии обыкновенной в различных по составу насаждениях. Изучены плосовые деревья формы бесколючковой. Сделаны прививки и опыление бесколючковой формы гледичии на бесколючковую. Отмечена необходимость создания прививочных семенных плантаций гледичии обыкновенной формы бесколючковой. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*165.3:630*174.754

Изменчивость, наследуемость и корреляции полигенных признаков в клоновой популяции сосны обыкновенной. ПЕТРОВ С. А., СИВОЛАПОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 18—21.

Обсуждены результаты изучения фенотипической, генотипической, паратипической и коррелятивной изменчивости полигенных признаков в клоновой популяции сосны обыкновенной в отсутствие конкуренции. Проанализированы возможные причины изменчивости признаков в онтогенезе. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*907

Рекреационное лесопользование в Воронежской области. ТРЕЩЕВСКИЙ Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 21—25.

На основе анкетирования рассмотрены состояние и перспективы развития рекреационного лесопользования населения г. Воронежа. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*443.2:630*111

Влияние метеорологических условий на развитие болезней семян сосны в лесных пи-

томниках Марийской АССР. ЭРСКАЯ Г. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 25—28

Проанализировано влияние метеорологических факторов на развитие болезней семян в питомниках МАССР: полегания, выпревания, шотте обыкновенного и соснового вертуна в 1981-1984 гг. Табл. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 625.033:625.042.3

О точности определения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей. МОРОЗОВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 29—33.

На основании анализа данных по замеру температуры рельсов по длине плетей рассмотрены вопросы оценки степени равномерности нагрева плетей и частоты установок жидкостных или электрических термометров по их длине. Табл. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*323

Влияние вылета манипулятора на производительность ВПМ при рубках промежуточного пользования. МЕНЬШИКОВ В. Н., СОТОНИН С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 33—35.

Изложены результаты теоретических исследований влияния некоторых факторов на рациональный вылет манипулятора машины при рубках промежуточного пользования. Ил. 1.

УДК 629.114.2:658.581

Теоретическое обоснование режима технического обслуживания трелевочного трактора. ПЕЛЕНКОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 36—40.

Рассмотрено влияние режимов технического обслуживания трактора на выполнение заданного планового объема работ. При помощи коэффициента использования времени календарного периода теоретически обоснована эффективность режима технического обслуживания по достижении календарных сроков по сравнению с регламентным. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 621.86.06.001.24

Теоретическое исследование устойчивости лесопогрузчика башенного типа в случае экстремальной разгрузки грейфера. ВТЮРИНА Э. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 41—46.

Приведены результаты исследования динамических коэффициентов устойчивости лесопогрузчика башенного типа при различных вариантах освобождения крюка от пачки круглых лесоматериалов. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 625.576.4.001

Исследование зависимости напряжений вторичного изгиба от параметров свивки в несущих канатах подвесных канатных установок. БЕРЕГОВОЙ И. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 46—50.

Проведен анализ зависимости напряжений вторичного изгиба в элементах несущего каната под колесом грузовой каретки от углов свивки проволоки в прядь и пряди в канат, а также коэффициента постели пряди и каната. Показана закономерность изменения изгибающих моментов в зависимости от параметров свивки и коэффициента постели. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 630*383.7.001

Пути совершенствования технологии и техники для подготовки волоков и лесовозных дорог в горах. ПИКУШОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 51—56.

На основе анализа математических моделей, позволяющих определить показатели энергоемкости технологических процессов и производительности основных машин на подготовке лесотранспортных путей в горах, обоснованы пути совершенствования технологии и техники, включающие как совершенствование рабочего оборудования, так и создание принципиально новых машин, многократно повышающих производительность труда. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 621.79

Тепловая модель процесса приклеивания при облицовывании кромок мебельных щитов с помощью клеев-расплавов. АМАЛИЦКИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 57—62.

Для обеспечения стабильности приклеивания предложен метод предварительного подогрева. В результате машинных экспериментов получено уравнение для расчета требуемой температуры нагревательного элемента. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.053:621.933.6.025.7

Теоретические исследования напряженного состояния круглых пил новой конструкции. ПЛЮСНИН В. Н., ГОТЛИБ Ц. А., ШЕЙНОВ А. И., ДЫМЧОК В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 62—66.

Приведено краткое описание конструктивных особенностей тонких до 1,5 мм круглых пил, предназначенных для распиловки брусьев высотой до 250 мм, Ил. 2, Табл. 1.

УДК 624.011.2

О некоторых допущениях при расчете соединений на стальных стержнях, вклеенных в древесину. ВЬЛЕГЖАНИН Ю. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 67—71.

Обоснованы некоторые допущения к решению одномерной задачи о работе соединений на вклеенных в древесину стальных стержнях. Изложено решение задачи с учетом фактического распределения нормальных напряжений по ширине сечения деревянного бруса. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 620.179.119

Оптический метод дефектоскопии пиленых лесоматериалов. КАРМАДОНОВ А. Н., ОНТИКОВА Н. М., ПОЗДНЯКОВ С. В., Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 71—73.

В работе сделан обзор известных методов контроля древесных материалов. Получены экспериментальные результаты по выявлению основных сортообразующих пороков тонких пиленых лесоматериалов, подтверждающие практическую ценность метода. Ил. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.047:631.571

Определение теплоты испарения влаги при сушке коры ели электрокалориметрическим методом. ЛУЦЫК Р. В., ЛОМАЗОВ В. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 74—77.

Определены истинные значения удельной теплоты испарения влаги коры ели и ее составляющих при температуре среды 100 °С, по которым рассчитаны количества теплоты, необходимые для испарения влаги из этих материалов. Ил. 2, Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

Изучение рострегулирующей активности основных групп органических соединений чер-

ного щелока от сульфатной варки лиственной древесины. ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., ПОЛЯНСКАЯ И. В., ПРОХОРЧУК Т. И., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 78—84.

Показано, что ростстимулирующие свойства черных щелоков обусловлены присутствием в их составе фенольной и оксикислотной групп. Стимуляционный эффект этих групп проявляется в разной степени в зависимости от породы древесины. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*86:547.673.1

Влияние температуры на скорость делигнификации древесины в присутствии антрахинона. ДЕЙНЕКО И. П., НИКАНДРОВ А. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 84—87.

Изучено влияние температуры (160...175 °С) на начальную скорость делигнификации еловых опилок в растворе гидроксида натрия. При добавлении к реакционной смеси антрахинона начальная скорость процесса сильно возрастает, а эффективная энергия активации снижается в 1,5 раза. Ил. 1, Табл. 2. Библиогр. список: 14 назв.

УДК 62-493:661.728

О роли изменчивости размеров технологической щепы в ЦБП. МАЦКЕВИЧ Д. Д., ВЬЮКОВ Б. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 87—91.

В статье обосновано существование оптимума изменчивости размеров частиц технологической щепы по критерию приведенных затрат, что позволяет конкретизировать требования к оборудованию, производящему щепу. Ил. 1, Табл. 1.

УДК 547.724.1.001

К классификации способов получения фурфурола из растительного сырья. ГЕЛЬФАНД Е. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 91—95.

Впервые предложена классификация способов получения фурфурола. Основные признаки способов: вид сырья, прием удаления фурфурола из зоны реакции, виды катализатора и энергоносителя, тип реактора, давление и режим подачи сырья и выхода продуктов. Ил. 1. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630*79

«Малое» лесопиление и использование низкосортного сырья. КРИЦКАЯ В. В., ЛОБОВИКОВ Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 96—101.

Рассмотрены экономические характеристики лесопиления при малых объемах производства пилопродукции из низкачественного сырья. Приведен графический метод определения экономичности малого лесопиления при различном уровне загрузки лесопильного оборудования и разномортного пиловочника. Ил. 2, Табл. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*68(470.343)

Основные этапы формирования регионального лесного комплекса (на примере Марийской АССР). БЕЛОУСОВ А. С., ЖИРОВ В. С., ПОЗДЕБЕВ В. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 102—105.

Дана оценка существующих форм организации производства и управления в лесном комплексе Марийской АССР, изложены основные направления их совершенствования путем поэтапного формирования единого лесного комплекса республике. Ил. 1.

УДК 630*526.003.13

Оценка эффективности внедрения методов учета лесоматериалов. МИХЛИ С. З., ЕВДОКИМОВ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 106—108.

Изложена методика оценки экономической эффективности внедрения новых методов учета лесоматериалов, даны формулы для

расчета влияния систематической погрешности учета на составляющие эффективности метода.

УДК 630*78

Совершенствование состава автопарка на лесных предприятиях. БЫЧКОВ В. П., ЗАЛОЖНЫХ В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 109 — 112.

Проанализированы причины снижения показателей работы транспорта на предприятиях Гослесхоза СССР за последние три пятилетки. Рекомендована оптимизация состава автопарка предприятий по минимуму приведенных затрат. Табл. 2.

УДК 621.39:681.3

Методика оценки пропускной способности сети обмена данными в АСУ объединением. КОСТЕНКО В. С., ПРИСЯЖНОК С. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 112 — 116.

Получено аналитическое выражение для определения количества сообщений, пропущенных в СОД в единицу времени, которое позволяет сократить в несколько раз время определения пропускной способности по сравнению с имитационной моделью. Методика может быть использована разработчиками АСУ при оценке различных вариантов построения СОД. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*533

Плотность древостоев. ШАВНИН А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 117 — 118.

Предложено плотность древостоя выражать отношениями средних высот и диаметров к среднему расстоянию между деревьями. Первое из них может заменить полноту, второе — служить характеристикой строения древостоев. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 632.937

Комплексы стволовых насекомых лиственников Тувы в древесине различной хозяйственной пригодности. МАМАЕВ Ю. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 119 — 122.

Приведен список насекомых — дендробитов, отмеченных автором в древесине лиственницы Тувы на разных стадиях ее естественного разрушения в лесу. Проанализирован их видовой состав, встречаемость, пищевая специализация, а также приуроченность к хозяйственным категориям древесины. Выделены виды, характерные для категории древесины. Табл. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630*232

Лесоводственная оценка структуры древостоев и факторы риска при различных способах рубок ухода в культурах сосны. РЯБОКОНЬ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 122 — 125.

На основании обследования культур сосны в Харьковской и Сумской областях дан комплексный анализ лесоводственных факторов при равномерно-выборочном и линейно-выборочном способах рубок ухода. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*31

Снижение фронта сортировки при специализации основных потоков нижнего склада. ЧЕМОДАНОВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 125 — 127.

Приведена методика определения снижения фронта сортировки при специализации основных потоков нижнего склада, обусловленного однородностью параметров сырья, поступающего на специализированные потоки. На основе экспериментальных данных показано использование предлагаемой методики при конкретных расчетах.

УДК 674.612.935.004.18

Резервы повышения объемного и ценностного выхода пиломатериалов. ВЕТШЕВА В. Ф., ЛОГИНОВА Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 127 — 128.

Представлены результаты ребрового раскроя толстых досок на тонкие, обеспечивающего увеличение объемного и ценностного выхода пиломатериалов и повышение производительности потоков. Табл. 1.

УДК 674.055:621.914.3

Математическая модель точности обработки на форматных деревообрабатывающих станках. ПОЛЯКОВ В. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 128 — 131.

Приведен метод расчета форматных деревообрабатывающих станков на технологическую точность. Рекомендована математическая модель точности обработки древесных плит на форматных станках. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.093

Методика расчета объема партии пиломатериалов ведущего сечения. КУЧИН А. В., ВОРОНЦОВ Ю. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 131 — 132.

Дан краткий анализ существующей технологии окончательной обработки пиломатериалов. Табл. 1.

УДК 676.164.3.026.62

Влияние основных факторов на сульфатную варку коры растения «Жё». ЗЫОНГ-БАЗУНГ, МАРШАК А. Б., БУТКО Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 133 — 134.

Найдено, что закономерности сульфатной варки коры растения «Жё» сходны с аналогичными закономерностями варки лиственной древесины. Полученный полуфабрикат имеет выход по варке 40...51,2%, непрочув — от 0 до 4,7%. Механические свойства приближаются к свойствам лиственной древесины. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 630*86:674.87

Биоактивные кормовые добавки из древесной зелени. ВЫРОДОВ В. А., УШКОВА Е. В., ХУДАШОВА Г. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 134 — 135.

Приведены сведения о получении и составе биокормовых продуктов из древесной зелени: хвойного клеточного сока, хвойного корма, облагороженного хвойного корма. На хвойный клеточный сок и хвойный корм разработаны технические условия и цена. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*232(437)

О лесокультурном деле в Словакии. МЕРЗЛЕНКО М. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 135 — 136.

УДК 502.7(049.3)

Учебник по охране природы. СИНАДСКИЙ Ю. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 1, с. 138.