

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ

Библиотека  
Архангельского  
Лесотехнического  
института  
им. В. В. Куйбышева

3

1978

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Г. Л. Дранишников, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Н. В. Маковский, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. А. Р. Родин, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Фефилов, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

«Лесной журнал» публикует научные статьи сотрудников вузов 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, преподавателей вузов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3  
(Год издания двадцать первый)

---

Сдан в набор 19/IV 1978 г. Подписан к печати 29/VI 1978 г.  
Форм. бум. 70x108 1/16. Печ. л. 15,4. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,02.  
Сл. 00016. Тираж 2460 экз. Заказ 2685. Цена 1 руб.

---

Типография им. Склянина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## СОБЫТИЯ БОЛЬШОГО ИДЕЙНОГО И МОБИЛИЗУЮЩЕГО ЗВУЧАНИЯ

Последние месяцы отмечены рядом событий, приковавших к себе внимание всей многомиллионной вузовской общественности, всего советского народа. Это XVIII съезд ВЛКСМ, поездка в районы Сибири и Дальнего Востока Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР товарища Л. И. Брежнева, выход в свет его книг «Малая земля» и «Возрождение». Разные сами по себе эти события служат единой цели, вдохновляя советских людей на новые героические свершения в строительстве коммунизма.

На своем молодежном форуме — XVIII съезде — комсомол по-коммунистически принципиально и по-деловому проанализировал путь, пройденный за четыре года после XVII съезда, и наметил новые высокие рубежи.

Перед делегатами съезда выступил Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ Л. И. Брежнев. В своей речи он дал высокую оценку всей деятельности авангарда советской молодежи, каким является комсомол, сформулировал новые задачи молодым рабочим и колхозникам, учащейся молодежи, воинам Советских Вооруженных Сил.

Важнейшая задача — формирование у молодежи коммунистической сознательности, готовности, воли и умения строить коммунизм. Быть сознательным борцом за осуществление политики партии — значит овладевать всем богатством революционной теории, уметь руководствоваться ею в повседневной практической работе.

«Наш главный компас на пути к коммунизму, — сказал товарищ Л. И. Брежнев, — это марксистско-ленинское учение о законах развития общества. Невозможно переоценить значение глубокого и систематического усвоения этой революционной науки... Каждый молодой ленинец должен быть активным политическим бойцом, способным на деле проводить политику партии и вести непримиримую борьбу с враждебной идеологией».

Тот же страстный призыв хранить нерушимую верность революционным, боевым и трудовым традициям советского народа, самоотверженным трудом множить могущество Родины Октября, жить и работать по-ленински звучит со страниц книг товарища Л. И. Брежнева «Малая земля» и «Возрождение».

«Замечательной школой политической закалки молодежи, — говорится в отчетном докладе ЦК ВЛКСМ XVIII съезду, — стало обсуждение проекта и изучение новой Конституции СССР. Только в обсуждении ее проекта приняли участие 46 миллионов юношей и девушек. Долг каждого молодого советского человека — овладеть огромным идейным богатством Основного Закона СССР, конституций союзных республик, воспринимать в нерасторжимом единстве права и обязанности гражданина СССР».

Внимательно и всесторонне обсуждалась на съезде комсомола деятельность молодежи во всех сферах нашей жизни. «Выполняя решения XVII съезда ВЛКСМ, — говорится в отчетном докладе ЦК ком-

сомола, — комитеты комсомола, комсомольские организации вузов и техникумов оказывают всестороннюю помощь партийным организациям, профессорско-преподавательским коллективам в обучении и воспитании студентов и учащихся. Сегодня почти каждый второй будущий специалист учится на «хорошо» и «отлично», более 400 тысяч — Ленинские и именные стипендиаты, отличники учебы».

С удовлетворением можно отметить, что за последние годы в лесотехнических вузах немало сделано для улучшения подготовки молодых инженерных кадров. Повышается идейно-теоретический уровень и целеустремленность преподавания общественных наук. Преподавание общетеоретических и специальных дисциплин не только формирует будущего специалиста, но и обеспечивает фундамент для дальнейшего самостоятельного повышения им своих знаний, что так необходимо в условиях быстрого научно-технического прогресса. Все шире и эффективнее применяются в учебном процессе разнообразные технические средства. Преподавание экономики, организации, планирования и управления производством все более ориентируется на выработку навыков самостоятельного обоснования и принятия инженерных и управленческих решений, умения возглавить коллектив и повести его за собой в борьбе за выполнение плановых заданий. Непрерывно совершенствуются военно-патриотическое воспитание, физическая подготовка.

Комсомольский съезд дал высокую оценку участию молодежи в студенческих строительных отрядах, помощи сельскому хозяйству, научно-техническому творчеству студентов, достижениям в спорте.

Получила одобрение съезда работа по созданию в вузах подготовительных отделений. Сейчас они созданы при 638 вузах, охватывая более 100 тысяч молодых рабочих и колхозников. Съезд призвал всех комсомольцев уделить больше внимания этой форме подготовки будущих студентов: в отборе и направлении на подготовительные отделения наиболее достойных и перспективных молодых людей, в их учебе до и после поступления в вуз, в становлении молодых специалистов на местах работы. Наш моральный долг — окружить заботой и вниманием студентов — вечерников и заочников. Отмечая достигнутое, съезд указал и на недостатки в работе вузов и вузовских комсомольских организаций, наметил пути их преодоления.

Сейчас повсеместно в вузах идет изучение материалов XVIII съезда ВЛКСМ, книг товарища Л. И. Брежнева «Малая земля» и «Возрождение», его выступлений во время поездки по Сибири и Дальнему Востоку. Эти материалы включаются в соответствующие темы курсов истории КПСС, философии, политической экономии, научного коммунизма и других учебных дисциплин. По ним проводятся научные конференции и семинары, заседания ученых советов и кафедр, читательские конференции, тематические вечера.

Преподаватели и студенты вузов должны принять активное участие в пропаганде идей и положений, выдвинутых товарищем Л. И. Брежневым, среди трудящихся предприятий, организаций, учреждений.

Решения XVIII съезда ВЛКСМ, книги и выступления товарища Л. И. Брежнева — новый мощный импульс улучшения всей деятельности вузов!

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.443.3

О ВОЗМОЖНОСТЯХ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ  
ПОРАЖЕНИЯ ЕЛЬНИКОВ КОРНЕВОЙ ГУБКОЙ

Н. И. ФЕДОРОВ, Ю. М. ПОЛЕЩУК

Белорусский технологический институт

Проведено сравнительное изучение различных методов диагностики поражения ельников корневой и комлевой гнилью. Установлено, что хорошие результаты, близкие к действительному состоянию деревьев ели в пораженных насаждениях, получены при помощи возрастного бурава.

В отличие от сосняков, корневая гниль в ельниках не носит ярко выраженного очагового характера. Пораженные корневой губкой деревья ели в большинстве своем не усыхают, а сохраняются в насаждениях до возраста главной рубки. В связи с этим вопрос ранней диагностики заболевания в еловых насаждениях приобретает особое значение.

В настоящее время для диагностики заболевания используют много признаков. Первый и наиболее надежный — наличие плодовых тел гриба на корнях пораженных деревьев. В районах с интенсивным ведением лесного хозяйства, где на больших площадях производят рубки ухода и санитарные рубки, ставить диагноз заболевания насаждений можно по гнили спелой древесины, различаемой на пнях, оставшихся после рубки деревьев. По стадиям гниения нередко удается определить даже степень поражения насаждений ели. На наличие заболевания корневой гнилью может также указывать ветровал и бурелом, как очень часто сопутствующие явления в пораженных грибом насаждениях. Поражение грибом связывают с хлоротичностью, укороченностью и пучковым расположением хвоя, с ажурностью кроны [1, 2]. Иногда стоящее большое дерево можно узнать по обильному смолоотечению в нижней части ствола [2]. При развитом процессе гниения болезнь может быть обнаружена простукиванием стволов обухом топора [2, 3]. Нередко о поражении ели обыкновенной корневой губкой судят по образованию закомелистости в нижней части ствола [3].

Однако, как показали исследования [4], почти все так называемые «внешние» признаки заболевания, используемые в диагностике поражения корневой губкой отдельных деревьев и насаждений в целом, дают большие ошибки. Эти признаки, по-нашему, неприемлемы для диагностики заболевания на начальном этапе его развития.

Исследования возможностей ранней диагностики поражения еловых насаждений корневой губкой были проведены в еловом насаждении Дзержинского лесничества Минского лесхоза БССР. Краткая таксационная характеристика насаждения: состав 10Е, тип леса — ельник мшистый, полнота — 0,7, класс бонитета — I, возраст — 30 лет. На исследуемом участке определяли пораженность деревьев грибом визуально и с помощью шведского возрастного бурава. Пробы древесины брали буровом в двух местах: у шейки корня каждого дерева и в скелетных горизонтальных корнях. В дальнейшем все деревья на участке вырубали и определяли наличие комлевой гнили, вызванной корневой губкой. Кроме этого, у деревьев измеряли прирост в высоту за последние десять лет. Корни каждого дерева раскапывали и также анализировали на наличие гнили.

При детальном анализе корней и стволов 41 дерева ели пораженными оказались 39 (95,1%, с гнилью только в корнях — 53,6%, в корнях и в стволе — 41,5%), при визуальном способе диагностики — 12 (29%), по пробам древесины, взятым буравом у шейки корня, — 16 (39%), по пробам из горизонтальных скелетных корней — 33 (80,5%).

При раскопке корней установлено, что скелетные проводящие корни расположены в основном на глубине 30—50 см. Главная роль при передаче в ствол и крону воды и растворенных в ней питательных веществ отводится именно этим корням. Часто можно наблюдать, что все горизонтальные корни поражены корневой губкой, а дерево продолжает жить не усыхая. В этих случаях снабжение водой и питательными веществами осуществляется или мелкими корешками, расположенными в гумусном горизонте почвы, или вертикальными корнями, которые нередко образуются у ели обыкновенной. Помимо этого, корни всегда имеют покоящиеся точки роста боковых ответвлений [5]. При неблагоприятных явлениях, к которым следует отнести и поражение корней гнилью, они способны образовывать новые корни, которые питают древесное растение. Это подтверждено исследованиями в Белоруссии [6], в результате которых установлено, что общая масса корней у деревьев, пораженных корневой губкой, больше, чем у здоровых. Такое явление автор связывает с реакцией дерева на внедрение и развитие паразита. В связи с этим редко приходится встречать взрослые деревья ели, усохшие в результате поражения грибом.

Сравнивая способы диагностики визуальный и по пробам древесины у шейки корня с результатами детального анализа деревьев на исследуемом участке, видим, что определение пораженности первыми двумя методами сильно искажает картину общего состояния молодых ельников. Это происходит потому, что гниль на раннем этапе заболевания далеко не всегда заходит в стволы деревьев, особенно в молодых насаждениях ели. При диагностике заболевания ельников на более позднем этапе развития гнили (в древостоях старшего возраста) способ взятия проб спелой древесины ствола в непосредственной близости от корневой шейки дает достоверные результаты [7, 8].

Наиболее точным оказался третий способ — высверливание древесины из нескольких горизонтальных корней каждого дерева. Он может быть использован в целях ранней диагностики заболевания на стадии развития гнили в корнях, что, в конечном итоге, облегчит проведение санитарно-оздоровительных мероприятий в молодых ельниках.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ванин А. Т. Сердцевинная гниль ели в дачах Ржевского лесничества Тверской губернии. — «Известия Ленинградского лесного института», 1927, вып. 35, с. 105—154. [2]. Горшин С. Н. Главнейшие гнили хвойных деревьев и их открыжка. М., Гослестехиздат, 1935, с. 9—23. [3]. Калинин М. И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. Львов, «Вища школа», 1975, 173 с. [4]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка. М., 1973. 198 с. [5]. Новиков Н. А. Поражение еловых насаждений БССР корневой губкой, некоторые вопросы ее биологии и разработка мероприятий по борьбе с ней. Дис. на соиск. учен. степенй канд. биол. наук. Минск, 1973. 199 с. [6]. Семенкова И. Г. О диагностике корневой губки в ельниках. — В кн.: Работы Московского лесотехнического института. Вып. 15, 1967, с. 134—138. [7]. Семенкова И. Г. О поражении корневой губкой подроста ели. — «Научные труды МЛТИ», 1971, вып. 38, с. 150—166. [8]. Dimitri L. Valuation of butt rot of spruce by boring cores. — Proceedings of the Third International Conference on *Fomes annosus*. International Union of Forest Research Organizations. Section 24. Forest Protection. Washington, 1970, 13—15.

УДК 633.529.57 : 634.0.443

## ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГРИБНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ СОСНЫ И ЕЛИ

Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, В. В. КНЯЗЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Представлены результаты исследований состава хвои сосны и ели, пораженных фитопатогенными грибами в природных условиях, а также показана динамика изменения биохимического состава хвои сосны, зараженной различными штаммами сумчатого гриба *Lophodermium pinastri* Chev. в искусственных условиях.

Вегетирующие органы древесных растений в различной степени подвержены грибным и бактериальным заболеваниям. Патогенные организмы, развивающиеся на зеленых частях растений (листьях, хвое), приводят к нарушению их метаболизма и преждевременному пожелтению, усыханию, что влечет за собой значительные биохимические изменения. Однако литературные сведения об изменении химического состава хвои и листьев при поражении их различными грибными заболеваниями весьма скудны, а порою разноречивы и односторонни. Биологическая ценность такой хвои вообще не изучена.

Из множества болезней, поражающих древесную зелень, наиболее часто встречаются шютте и ржавчина.

Материалом для наших исследований служила хвоя сосны и ели, собранная в Ленинградской области летом 1976 г. и пораженная различными грибами: *Lophodermium macrosporum* (Hart.) Rehn. (шютте хвой ели), *Lophodermium pinastri* Chev. (шютте хвой сосны), *Chrysomyxa abietis* Winter, *Chrysomyxa ledi* D. B. (ржавчина хвой ели).

Для определения химического состава зараженную хвою отделяли от здоровой, размельчали. Контролем служила здоровая хвоя, собранная одновременно с больной. Изменение химического состава пораженной хвои характеризовалось содержанием в ней желтых и зеленых пигментов и веществ, растворимых в диэтиловом эфире, горячей воде и ацетоне. Кроме того, в больной хвое определяли изменение содержания протенина по сравнению со здоровой. Анализы проведены по общепринятым методикам [2, 4, 5].

В табл. 1 показано изменение состава хвои сосны и ели, пораженной шютте и ржавчиной, в процентах от содержания компонентов в здоровой хвое.

Таблица 1

Возбудители болезни	Пигменты		Вещества, экстрагируемые			Протенин
	желтые	зеленые	эфиром	ацетоном	горячей водой	
<i>Lophodermium macrosporum</i> (Hart.) Rehn.	29,4	29,4	54,5	47,8	62,3	139,9
<i>Lophodermium pinastri</i> Chev.	34,0	36,3	106,9	60,1	79,8	96,7
<i>Chrysomyxa abietis</i> Winter	76,9	75,4	97,0	70,2	86,4	329,6
<i>Chrysomyxa ledi</i> D. B.	53,2	32,8	72,5	36,3	52,7	81,7

Из приведенных данных видно, что содержание пигментов очень сильно (на 70%) снижается при поражении хвои сосны и ели шютте.

В хвое ели, пораженной ржавчиной, эти изменения менее выражены, особенно при воздействии на нее гриба *Chrysomyxa abietis* Winter. В хвое ели, больной шютте, содержание веществ, извлекаемых различными органическими растворителями, снижается приблизительно на 50%. В хвое сосны, пораженной шютте, количество эфирорастворимых веществ увеличивается почти на 70%, ацетонорастворимых становится меньше, чем в контроле, на 40%, а водорастворимых на 20%. Содержание протеина остается без изменения.

Еловая хвоя, пораженная ржавчинным грибом *Chrysomyxa ledi* D. V., довольно сильно отличается по составу от здоровой. Под воздействием другого ржавчинного гриба *Chrysomyxa abietis* Winter в хвое ели не только почти не снижается содержание основных биоактивных веществ по сравнению со здоровой (пигментов и др.), но и в три с лишним раза повышается содержание протеина.

Помимо изучения биохимического состава хвои, пораженной различными грибными заболеваниями в природных условиях, нами было проведено культивирование сумчатого гриба *Lophodermium pinastri* Chev. на сосновой хвое в лабораторных условиях.

Несмотря на значительное увеличение количества исследований по данному патогену, до сих пор механизм воздействия его на хвою, изменение ее биохимического состава, сопротивляемость организма и другие вопросы остаются не выясненными. Недаром на Пятом Европейском коллоквиуме по лесной фитопатологии, состоявшемся в апреле 1975 г. в Макленбеке (ФРГ), был рассмотрен только один вопрос: опадение хвои сосны, вызываемое *Lophodermium pinastri* Chev. [5]. Была показана необходимость дальнейшего глубокого изучения шютте сосны как в физиологическом, так и в биохимическом плане.

В связи с этим нами была исследована динамика изменения химического состава пораженной хвои в процессе культивирования на ней сумчатого гриба *Lophodermium pinastri* Chev. Использованы три различных штамма патогена: № 4, 10, 11 (кафедра древесноводения и фитопатологии ЛТА)\*.

Хвою заражали водной суспензией исследуемого штамма гриба *Lophodermium pinastri* Chev. Часть колб со стерильной хвоей для контроля находилась без воздействия гриба. Через определенные промежутки времени зараженную хвою вынимали из колбы, промывали небольшим количеством воды, высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и отбирали пробы для биохимических исследований.

Номер штамма гриба	Срок воздействия гриба, недели	Содержание, %				
		Пигменты		Вещества,		
		зеленые	желтые	воде		эфире
холодной	горячей					
4	6	94,9	62,9	70,4	103,1	106,0
	10	87,9	84,0	56,6	72,4	103,0
	13	58,4	84,8	50,8	72,0	71,6
	33	69,0	99,4	43,5	65,5	67,6
10	6	88,1	79,1	30,0	64,1	58,2
	10	79,9	75,3	31,5	63,4	78,6
	13	58,4	82,0	50,1	71,3	74,1
	33	80,5	92,7	51,0	98,5	73,4
11	6	83,0	67,4	67,3	127,4	58,3
	10	96,0	72,9	60,4	92,0	92,0
	13	88,9	63,9	56,8	86,5	98,5
	33	77,0	74,9	56,6	58,6	99,4

\* В выделении патогена и его идентификации принимала участие студентка Е. К. Капаньна.



Изменение химического состава пораженной хвои характеризовалось содержанием в ней желтых и зеленых пигментов, веществ, растворимых в диэтиловом эфире, холодной и горячей воде, спирте, ацетоне, 1%-ном едком натре, а также лигнина, целлюлозы и протенна.

Параллельно с разрушенной (больной) хвоей для сравнения анализировали здоровую хвою после стерилизации, выдержанную без воздействия патогена такой же срок, что и заражаемая грибом хвоя (контроль). Зараженную таким образом хвою сосны выдерживали под воздействием гриба в течение 6, 10, 13, 33 недель. В конце каждого срока пораженную хвою анализировали так же, как и контрольный образец.

В табл. 2 показано изменение химического состава сосновой хвои под воздействием различных штаммов *Lophodermium pinastri* Chev.

Содержание зеленых и желтых пигментов — один из показателей качества хвои при ее переработке. Из приведенных в таблице данных видно, что потери пигментов по отношению к контролю во все сроки воздействия гриба на хвою незначительны и не превышают 40%. Причем, в начальной стадии происходит более интенсивное разрушение желтых пигментов, а в конечной — зеленых. Как показала бумажная хроматография, качественный состав пигментной (ацетоновой) вытяжки из хвои, пораженной различными штаммами патогена, после первого срока воздействия почти не отличается от контрольной. Затем на хроматограмме исчезают ксантофиллы (виолаксантин и лютеин). К 13-й неделе виолаксантин обнаруживается снова, а к концу исследуемого срока (33 недели) в хвое появляется лютеин, но нет феофитина «в». Можно предположить, что идет усиленное окисление каротина, которое ограничивается образованием лютеина и виолаксантина [1, 3]. Но эти данные требуют подтверждения.

В вещества, экстрагируемые из хвои различными растворителями, переходит ряд продуктов, обладающих биохимической активностью (пигменты, витамины, сахара, аминокислоты, флавоноиды и др.). Таким образом, изменение количества этих веществ — один из показателей биохимической ценности пораженной хвои.

Из представленных в таблице данных видно, что в процессе культивирования гриба *Lophodermium pinastri* Chev. меняется химический состав поражаемой хвои. Все штаммы патогена вначале потребляют вещества, растворимые в эфире, спирте, воде, ацетоне, не затрагивая лигнина и целлюлозу, постепенно разрушая лигноцеллюлозные связи.

Таблица 2

от контроля			Азот	Лигнин	Целлюлоза
растворимые в					
спирте	ацетоне	щелочи			
80,0	105,4	82,5	78,0	114,1	113,1
71,5	110,6	72,6	85,0	102,2	110,8
71,3	78,2	71,0	69,5	91,0	87,9
70,1	44,3	67,4	38,8	117,5	88,6
47,0	91,8	94,0	75,0	102,2	102,3
59,5	84,6	82,0	76,6	102,5	96,1
69,4	56,8	84,5	115,6	114,4	81,7
65,0	52,0	157,5	85,4	145,0	74,5
75,1	84,0	84,2	70,0	99,1	108,4
64,6	92,3	96,5	118,5	107,5	108,5
78,2	104,8	108,2	116,4	107,4	90,8
86,4	107,8	145,6	116,0	114,1	46,4

К концу срока испытания (33 недели) наиболее ощутимы изменения в содержании веществ, растворимых в холодной воде (потери со-

ставляют от 40 до 60%, в зависимости от исследуемого штамма). Количество пигментов и веществ, экстрагируемых эфиром и спиртом, снижается незначительно (не более чем на 30%). Содержание азота в пораженной хвое остается почти без изменения, за исключением хвои, разлагаемой штаммом № 4.

В связи с тем, что все штаммы исследуемого гриба разрушают целлюлозную часть хвои с одновременным накоплением лигнина и лигниноподобных веществ, изменяется и качественный состав экстрагируемых продуктов, что было подтверждено бумажной хроматографией.

Таким образом, окончательные выводы о биологической ценности хвои, пораженной различными грибными заболеваниями, можно будет сделать только после изучения этих качественных изменений, а также после определения ее токсичности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кефели В. И., Гурецкая Р. К. Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М., «Наука», 1966, с. 20—44. [2]. Оболенская А. В. и др. Практические работы по химии древесины. М., 1965, с. 135. [3]. Озерецковская О. Л., Мятлицкий Л. В. — В сб.: Биохимические основы защиты растений. М., «Наука», 1966. [4]. Туркина М. В., Соколова С. В. — В кн.: Биохимические методы в физиологии растений. М., «Наука», 1971, с. 7—34. [5]. Mitteilungen der Bundesforschung. für Forst- und Holzwirts. Reinbek bei Hamburg, 108, 1975, с. 201.

Поступила 29 января 1978 г.

УДК 634.0.221.223 : 674.032.475.2

### О ФОРМИРОВАНИИ ДРЕВОСТОЕВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЛИТЕЛЬНО-ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК В ПИХТАРНИКАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Г. КОСАРЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Установлено, как идет процесс формирования пихтовых насаждений, пройденных длительно-постепенными рубками. Выявлен ход естественного возобновления хвойными и лиственными породами под пологом насаждений после первого приема длительно-постепенных рубок. Даны рекомендации о проведении рубок в разновозрастных пихтарниках, имеющих полноту 0,6 и более.

В лесном фонде южных районов Кемеровской области преобладает пихта сибирская, на долю которой приходится более 60% лесопокрытой площади.

Наши исследования [1] показали, что большинство пихтарников этого района относится к категории разновозрастных насаждений. Несмотря на разновозрастность, в них, как правило, проводятся сплошные рубки, применяемые обычно в одновозрастных насаждениях. Древоостой, появившийся впоследствии на сплошных вырубках, имеет низкую полноту или переходят в редины. Например, в пихтовой хозяйственной секции этого района площадь редины равна 116,2 тыс. га, или 7,7% лесной площади. Площадь насаждений с полнотой 0,3—0,4 составляет 37,8% лесопокрытой (468,6 тыс. га).

При сплошных рубках в разновозрастных насаждениях одновременно со спелыми вырубают приспевающие, средневозрастные и молодые деревья. Кроме сплошных, в исследуемом районе на отдельных участках проводили рубки, при которых выбирали 60—90% первона-

чального запаса. Вырубили деревья всех пород, достигшие на высоте 1,3 м диаметра 20—24 см. Такие рубки А. В. Побединский [2] назвал длительно-постепенными.

Ряд авторов ([3, 4] и др.) рекомендуют применять длительно-постепенные рубки в разновозрастных пихтарниках Сибири. Однако они не рассматривали опыт применения длительно-постепенных рубок в разноотравных и широкоотравных пихтарниках, которые в исследуемом районе занимают более 70% площади.

Для оценки современного состояния насаждений, пройденных первым приемом длительно-постепенных рубок, нами было заложено в этих насаждениях 13 пробных площадей. Таксационная характеристика наиболее типичных из них приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер пробной площади	Давность вырубки, лет	Таксационные показатели древостоев до рубки (числитель) и по данным обследования (знаменатель)						
		Поколение	Состав	Средний возраст, лет	Число стволов на 1 га, шт.	Площадь сечения на 1 га, м <sup>2</sup>	Полнота	Запас стволовой древесины на 1 га, м <sup>3</sup>
Пихтарник разноотравный								
4	10	I	7П1К2Ос, ед.Б	110	275	17,6	0,52	177
			—	—	—	—	—	—
		II	9П1К+Ос	50	445	3,5	0,20	15
9П1К+Ос, ед.Е,Б	57		764	6,8	0,35	36		
6	18	I	10П, ед.К	100	285	12,6	0,40	109
			8П2К	100	5	0,6	0,02	5
		II	8П1К1Е	42	585	5,6	0,24	35
			9П1Е, ед.К, Ос	57	679	10,9	0,48	69
11	40	I	8П2Б+К, Е	108	308	18,6	0,57	174
			6П4Б+Е	80	272	18,7	0,59	178
		II	10П+Е	45	458	3,9	0,21	21
			10П+Е, ед.К, Б	50	472	4,0	0,22	23
Пихтарник широкоотравный								
8	12	I	9П1К	100	227	12,4	0,38	114
			—	—	—	—	—	—
		II	7П3Е, ед.Б	40	395	4,3	0,22	25
7П3Е+Б, ед.К	49		770	8,7	0,44	53		
10	21	I	10П	105	169	9,7	0,29	96
			10П, ед.Б	80	70	5,0	0,15	43
		II	9П1Б, ед.Ос	35	302	1,6	0,08	9
			9П1Б+Ос	55	354	3,4	0,16	18

Древостон пробных площадей относится к разновозрастным, в которых выделено два поколения. По возрасту они представляют обособленные группы деревьев и хорошо различаются по средним таксационным показателям. Средний возраст древостоев первого поколения колеблется от 80 до 110 лет, второго — от 35 до 55 лет. В состав первого поколения входит около 37,0% деревьев. Это поколение преобладает по запасу (76—92%).

В первый прием вырубили в основном деревья первого поколения. На пробной площади № 4 выбрано древесины по запасу 92,2%; на пробе № 6 — 75,7%; № 11 — 64,6%; № 8 — 82%; № 10 — 78,1%.

В момент обследования в составе первого поколения преобладала пихта, доля участия лиственных пород в среднем не превышает 20%.

Полнота этого поколения составляет от 0,02 до 0,59, а запас — от 5 до 178 м<sup>3</sup>.

В составе второго поколения преобладает пихта (90%), к которой примешивается ель (10%). Полнота этого поколения колеблется от 0,16 до 0,48, а запас — от 18 до 69 м<sup>3</sup>.

Таблица 2

Номер пробной площади	Давность рубки, лет	Количество возобновления, шт. на 1 га, по породам								Всего	
		Предварительное возобновление			Последующее возобновление						
		П	Е	Итого	П	К	Е	Б, Ос	Итого		
Пихтарник разнотравный											
4	10	313		313	2799				83	2882	3195
6	18	272		272	6841	30				6871	7143
11	40				550				200	750	750
Пихтарник широколиственный											
8	12	720	200	920	1600	40	40	320	2000	2920	
10	21	208		208	3328	16	16	352	3712	3920	

Участки, пройденные длительно-постепенными рубками, хорошо возобновляются хвойными породами, в составе которых преобладает пихта (табл. 2). Участие подроста кедра и ели в возобновлении невелико и не превышает в среднем 2%. Малочисленно возобновление и лиственных пород (5%).

Последующее возобновление (90%) доминирует над предварительным (10%). Последнее свидетельствует о благоприятном влиянии длительно-постепенных рубок на появление подроста пихты и других хвойных пород. По площади подрост размещен группами (5—10 шт.) под пологом оставшихся после рубки деревьев.

После проведения длительно-постепенных рубок на лесосеке оставались деревья с диаметром на высоте 1,3 м менее 20—24 см, их число увеличивалось с давностью рубки за счет предварительного возобновления. При обследовании этих площадей установлено, что через 10—20 лет после первого приема рубки количество деревьев хвойных пород в среднем составляет около 600 шт. на 1 га, а через 40 лет после рубки — 700 шт. на 1 га.

Сохранность такого количества хвойных деревьев в сочетании с подростом хвойных пород указывает на успешность формирования древостоев после длительно-постепенных рубок. Сказанное подтверждается таксационной характеристикой пробной площади № 11 (табл. 1). После первого приема длительно-постепенных рубок прошло 40 лет, и на этом участке сформировалось пихтовое насаждение, имеющее общую полноту 0,81 и запас 201 м<sup>3</sup> на 1 га.

В низкополотных насаждениях, пройденных постепенными рубками, процесс формирования древостоев крайне замедлен. Это можно видеть на примере пробной площади № 10. После рубки прошло более 20 лет, а общая полнота не превысила 0,31.

Наши исследования показали, что длительно-постепенные рубки следует проводить в пихтарниках, имеющих общую полноту больше 0,6 (полнота первого поколения более 0,4). В таких насаждениях после первого приема рубки на корню остается 70% первоначального числа деревьев, что составляет более 300 деревьев на 1 га.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Косарев Н. Г. К вопросу об особенностях таксации разновозрастных пихтовых насаждений Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа. — Лесная таксация и лесоустройство. Разд. 3. Межвуз. сб. научн. тр. по лесному хозяйству. Вып. 3. Красноярск, 1974 (СибТИ). [2]. Побединский А. В. Способы рубок в сосновых лесах Приангарья. — В сб.: Рубки и возобновление в лесах Сибири. Красноярск, 1963. [3]. Побединский А. В., Верхунов П. М., Поздняков А. А. Способы рубок главного пользования в пихтовых лесах Сибири. — Материалы научной конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1965. [4]. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири. Автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. с.-х. наук. Красноярск, 1967.

Поступила 16 января 1978 г.

УДК 634.0.614

## К ВОПРОСУ О ВОЗОБНОВИТЕЛЬНОЙ СПЕЛОСТИ ЕЛИ

А. С. ТИХОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Показана целесообразность установления возраста возобновительной спелости ели по встречаемости подроста, из которого после рубки может сформироваться еловый молодняк. Приведены данные для зеленомошной группы типов леса.

Корифей лесоустройства М. М. Орлов [5], придерживаясь традиционного понятия о возобновительной спелости как о начале систематического плодоношения древостоя или ослаблении порослевой способности, считал, что у ели эта спелость наступает в 60—70 лет. Авторы учебника «Лесоустройство» [1] на основании современных данных определили этот возраст в 50—60 лет и назвали его семенной спелостью, в отличие от порослевой.

Учитывая большую роль елового подроста предварительной генерации в возобновлении, следует установить третью возобновительную спелость, которую можно назвать подростной. Она не совпадает с семенной, так как систематическое плодоношение ели еще не решает успеха предварительного возобновления, потому что в 50—70 лет велика конкуренция со стороны материнских деревьев, препятствующая развитию подроста [8]. По мере изреживания и старения деревьев она ослабляется, и подроста появляется все больше. Но увеличение его размеров приводит к отпаду, и густота подроста может уменьшаться. Поэтому, например, М. Н. Прокопьев [6] не мог установить связь густоты с возрастом древостоя.

Вместе с тем, динамичность этого процесса общеизвестна, и ее надо было выразить иным показателем. Им могла быть встречаемость, отражающая последовательность расселения молодого поколения ели. Этот показатель рекомендовал еще в довоенное время А. И. Асосков [10], и теперь все большее число исследователей применяют его в изучении лесовосстановительного процесса ([2, 3, 7, 11] и др.). Большой популярностью пользуется он за рубежом [4].

Встречаемость — это отношение числа площадок хотя бы с одним экземпляром ели \* старше 2 лет (с боковыми ветвями) к общему количеству площадок, заложенных в однородном участке, выражаемое

\* Для других, менее устойчивых пород в молодом возрасте, число экземпляров должно быть больше.

обычно в процентах. Эта величина зависит от многих факторов. В частности, чем меньше размер площадки, тем ниже встречаемость. Наш опыт показал, что наиболее удобна круговая площадка 10 м<sup>2</sup>, радиусом 178 см. В этом случае возрастает интервал между минимальными и максимальными значениями встречаемости, полученными в различных древостоях, такую площадку можно обзирать с одной позиции. Кроме того, такой размер соответствует примерно средней площади, приходящейся на одно дерево 40—50-летнего возраста, в котором рубками ухода решается задача формирования желаемого состава древесных пород. Так что во встречаемости на 10-метровых площадках можно прогнозировать долю участия ели в составе древостоя.

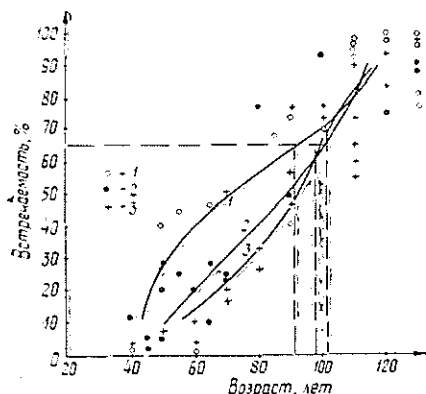


Рис. 1. Ход предварительного возобновления ели под пологом древостоев полнотой 0,6—0,8 с преобладанием ели в составе (6—8 единиц) в ельнике черничном свежем (1), кисличном (2) и черничном влажном (3).

Случайная закладка 100 площадок (через равное расстояние или с помощью таблиц случайных чисел) обеспечивает доверительный интервал  $\pm (2-10)\%$  встречаемости при вероятности 0,95.

Таким образом была определена встречаемость подроста ели в 61 древостое одной хозяйственной секции Ленинградской области, зеленомошной группы типов леса, в возрасте 40—130 лет, полнотой 0,6—0,8, с обычной примесью лиственных пород (2—4 единицы состава). Несмотря на разнообразие признаков, влияющих на ход возобновления, на графике была замечена связь встречаемости подроста с возрастом древостоя (рис. 1). Для проверки связи было подготовлено задание

Таблица 1

Уравнения	Сумма квадратов отклонений опытных данных от вычисленных по уравнениям (число лет)		
	Е. кисличный	Е. черничный свежий	Е. черничный влажный
$y = b_0 + b_1x$	190,22	217,12	95,29
$y = b_0 + b_1x + b_2x^2$	186,73	193,03	88,13
$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$	185,87	171,21	80,33
$y = b_0 + \frac{b_1}{x}$	3230270	8977861	2731070
$y = b_0 + b_1 \log(x)$	335,75	491,71	145,06
$y = b_0 + b_1x + b_2 \log(x)$	189,88	183,84	84,39

вычислительному центру ЛТА (исполнитель — ст. инженер В. К. Раутбаум) рассчитать коэффициенты регрессии шести уравнений, указанных в табл. 1, что давало нам возможность выбрать уравнения, наиболее близкие к исходным данным, и установить, в каком возрасте ельника встречаемость подроста достигнет 65% — критерия, который в шкале оценки возобновления [9] характеризует предварительное возобновление ели как успешное.

Из сравнения сумм квадратов отклонений опытных данных от вычисленных по уравнениям видно, что указанную связь лучше всего отражает парабола третьего порядка. Ее уравнение для типа леса ельник кисличный имеет вид

$$y_1 = -0,000055x_1^3 + 0,00456x_1^2 + 0,8362x_1 + 42,173;$$

для типа леса ельник черничный свежий

$$y_2 = -0,000226x_2^3 + 0,03996x_2^2 - 1,0313x_2 + 51,705;$$

для типа леса ельник черничный влажный

$$y_3 = 0,00014x_3^3 - 0,02544x_3^2 + 2,0166x_3 + 57,627.$$

Наименьшее отклонение получилось по ельнику черничному влажному, поэтому и теснота связи в этом типе леса оказалась наивысшей ( $r_3 = 0,92 \pm 0,007$ ). Судя по кривой изменения встречаемости (рис. 1), темп расселения подроста возрастает в 80—100 лет, затем постепенно уменьшается.

В соответствии с уравнениями параболы третьего порядка, удовлетворительное предварительное естественное возобновление ели наступает в ельнике кисличном в 101 год, в ельнике черничном свежем — в 91 год и в ельнике черничном влажном — после 98 лет. Эти результаты отражают действительную картину лучшего возобновления ели в типе леса ельник черничный свежий. Учитывая ошибку уравнений в пределах  $\pm (9-14)$  лет, для большей надежности возобновления следует за возраст возобновительной подростной спелости ели принимать VI класс. В V классе возраста число случаев с успешным предварительным возобновлением ели будет значительно меньше.

За возраст рубки в эксплуатационных хозяйственных частях принимается V класс. В виде исключения допускается сплошная рубка в приспевающих ельниках. В результате лесовосстановительная роль подроста не используется в полной мере, и приходится прибегать к искусственному возобновлению ели. Качество же лесных культур невысокое, особенно в участках, удаленных от постоянно действующих дорог на расстоянии более 3 км.

Слабое развитие дорожной сети, высокая потребность в средних и крупных лесоматериалах, недостаток рабочей силы требуют в таежной зоне ориентироваться на предварительное естественное возобновление ели. Для этого возраст рубки следует устанавливать с учетом возобновительной подростной спелости, рассчитанной аналогичным методом, а в Ленинградской и смежных областях южной тайги принимать не ниже VI класса возраста.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Байтун А. А. и др. Лесоустройство. М., «Лесная промышленность», 1974.  
 [2]. Бузыккин А. И., Победниский А. В. К вопросу учета подроста и самосева. — «Труды Института леса и древесины СО АН СССР». Красноярск, 1963, т. 57.  
 [3]. Дыренков С. А., Адашевская О. Р., Федорчук В. Н. Ельники Вепсовской возвышенности. — Сборник научно-исследовательских работ ЛенНИИЛХ. Вып. 12. М., 1969. [4]. Мартынов А. Н. Лесоводственное значение размещения подроста и

культур на площадях возобновления. — В кн.: Новое в лесовыращивании. М., «Лесная промышленность», 1977. [5]. Орлов М. М. Лесоустройство. Т. 1. Л., «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1927. [6]. Прокопьев М. Н. Подрост ели и его использование для лесовосстановления леса. М., Гослесбумиздат, 1963. [7]. Проскураков М. А. Оценка возобновления ели Шренка. — «Лесное хозяйство», 1975, № 2. [8]. Сукачев В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях. — «Ботанический журнал», 1953, т. 38, вып. 1. [9]. Тихонов А. С. Рубки и возобновление ели на юге европейской лесной зоны. — «Лесное хозяйство», 1977, № 5. [10]. Ткаченко М. Е., Асосков А. И., Синев В. Н. Общее лесоводство. Л., Гослестехиздат, 1939. [11]. Ушатин И. П. К вопросу об оценке естественного возобновления ели в условиях южной тайги европейской части СССР. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4.

Поступила 6 февраля 1978 г.

УДК 631.8 : 581.1

## О ВЛИЯНИИ УДОБРЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РОСТ КУЛЬТУР НА ОСУШЕННОМ БОЛОТЕ

П. М. МАЛАХОВЕЦ, Н. А. БАБИЧ

Архангельский лесотехнический институт

Излагаются результаты применения минеральных удобрений для подкормки культур сосны на осушенном переходном болоте в Северодвинском лесхозе Архангельской области.

Болотные торфяные почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Однако содержание в них усвояемых форм азота, фосфора и калия чрезвычайно изменчиво и большей частью не обеспечивает потребностей растений. Применение минеральных удобрений на осушенных болотах пополняет запасы доступных растениям питательных веществ, интенсифицирует микробиологические процессы в почве [2], что способствует росту и развитию растений.

Для изучения влияния подкормки культур сосны на ход физиологических процессов нами были заложены опыты в Северодвинском лесхозе Архангельской области на осушенном в 1965 г. болоте. Почвенные условия представлены торфяной залежью переходного-низинного типа, подстилаемой на глубине 110 см моренным песком. Степень разложения торфа в верхнем слое 8%, а с глубиной увеличивается до 35%. pH солевой вытяжки колеблется от 4,8 до 5,4. Содержание азота изменяется от 1,78 до 1,98, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — от 7,9 до 27,8 и K<sub>2</sub>O — от 35 до 65,9 мг на 100 г почвы.

Почву обрабатывали осенью 1967 г. плугом ПКЛ-70 на глубину 10—12 см. Посадку 2-летних сеянцев сосны производили весной 1968 г. под меч Колесова по дну борозд. Густота культур 3800 посадочных мест на 1 га. Для закладки опытов была подобрана однородная площадь.

Подкормка культур удобрениями была проведена на одном участке 19 июня 1973 г., а на втором — 2 июня 1974 г. В первом случае удобрения вносили в шель на расстоянии 12—15 см от стволика, а во втором — путем рассыпания вокруг сеянцев в радиусе 20 см. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат, хлористый калий, нитроаммофоску и смесь микроэлементов, содержащих бор, медь, цинк, молибден, йод, кобальт, марганец. В зависимости от варианта на одно растение вносили в 1973 г.: N — 10,5 г, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 21 г, K<sub>2</sub>O — 10,5 г, а в 1974 г.: N — 16 г, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 16 и 32 г, K<sub>2</sub>O — 16 г, микроудобрения — 1 г. Дозы удобрений в переводе на 1 га по вариантам 1974 г. приведены в табл. 1. На второй год после внесения удобрений в опытах 1974 г. определяли: фотосинтез — радиометрически, дыхание — по количеству выделенной углекислоты, транспирацию — методом быстрого взвешивания, влажность хвои — высушиванием до постоянного веса при температуре 105°C. Наряду с этим выясняли влияние удобрений на рост культур.

Проведенные наблюдения показали, что значительное влияние удобрения оказывают на формирование и работу фотосинтетического аппарата. В результате подкормки культур удобрениями хвоя приобре-



Таблица 1

Ва- рианты	Доза удобрений по действующему веществу, кг на 1 га	Абс. сухая масса 100 хвоинок, г		Средняя длина одной хвоинки, см	
		текущего года	прошлого года	текущего года	прошлого года
I	N—60, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —60, K <sub>2</sub> O—60	1,88	4,23	4,92	6,67
II	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —60, K <sub>2</sub> O—60	1,98	3,65	4,76	5,93
III	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —120, K <sub>2</sub> O—60	1,78	3,62	4,64	5,78
IV	N—60, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —60, K <sub>2</sub> O—60, микроудобрения	1,55	3,86	4,58	6,76
V	Контроль	1,47	2,64	4,18	5,16

тает более темный цвет, увеличивается в размерах и становится тяжелее (табл. 1). Это особенно заметно при внесении полного и фосфорно-калийного удобрений (I и II варианты). Здесь абс. сухая масса 100 хвоинок текущего года в 1,3—1,4 и прошлого в 1,4—1,6 раза больше, чем на контроле. Увеличение длины хвои составило соответственно 14—17 и 15—29%. В то же время повышение дозы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> с 60 до 120 кг в фосфорно-калийном удобрении (III вариант) и добавка к полному минеральному удобрению микроэлементов (IV вариант) вызывали снижение массы и длины хвои. Изменение уровня почвенного питания путем внесения удобрений отражается и на интенсивности фотосинтеза.

Таблица 2

Ва- рианты	Интенсивность фотосинтеза, мг CO <sub>2</sub> на 1 г абс. сухой хвои в час				
	20 июня	23 июля		19 августа	
		Хвоя текущего года	Хвоя текущего года	Хвоя прошлого года	Хвоя текущего года
I	13,30	23,56	16,86	29,44	23,09
II	13,30	22,74	18,86	26,63	25,64
III	13,26	17,94	17,92	23,40	23,71
IV	13,20	14,60	13,60	21,44	23,81
V	13,55	13,70	15,51	20,67	25,42

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что активность фотосинтеза неодинакова в течение вегетационного периода и зависит от возраста хвои. Менее интенсивен фотосинтез в июне, а затем с середины лета возрастает, что обусловлено, как отмечают Ю. И. Кузьмин и А. В. Веретенников [3], опусканием в этот период грунтовых вод ниже корнеобитаемых горизонтов. Уровень фотосинтеза в вариантах с удобрениями более высок, чем на контроле. Так, в вариантах I и II увеличение интенсивности фотосинтеза хвои текущего года в конце лета по сравнению с июнем равнялось 120 и 100%, а без удобрений всего лишь 52%. Фотосинтетическая активность хвои прошлого года ниже, чем молодой. На более сильную активизацию фотосинтеза молодой хвои ели на осушенных торфяных почвах под действием удобрений указывают также А. В. Веретенников и др. [1].

При сравнении действия различных по составу удобрений видно, что наиболее активен фотосинтез в вариантах с полным минеральным (I вариант) и фосфорно-калийным (II вариант) удобрением. Увеличение дозы фосфора (III вариант) и внесение микроэлементов вместе с полным удобрением (IV вариант) снижает интенсивность дыхания хвои в начале и в середине лета (табл. 3). В августе, наоборот, уровень дыхания прошлогодней хвои в вариантах с удобрениями оказался

Таблица 3

Ва- рианты	Изменение интенсивности дыхания, мг CO <sub>2</sub> на 1 г абс. сухой хвои в час			
	20 июня	24 июля	21 августа	
	Хвоя прошлого года	Хвоя прошлого года	Хвоя молодая	Хвоя прошлого года
I	1,62	1,64	2,73	1,09
II	1,82	1,68	2,84	1,07
III	1,52	1,72	2,44	1,15
IV	1,63	1,74	3,00	1,04
V	1,70	1,86	2,86	1,03

Таблица 4

Ва- рианты	Интенсивность транспирации хвои, мг H <sub>2</sub> O на 1 г абс. сухой хвои в час				
	20 июня	23 июля		20 августа	
	Хвоя прошлого года	Хвоя молодая	Хвоя прошлого года	Хвоя молодая	Хвоя прошлого года
I	418	894	567	589	567
II	371	620	564	678	559
III	412	638	516	466	562
IV	369	843	470	557	516
V	406	796	473	528	563

Таблица 5

Ва- рианты	Влажность хвои, % к массе сырой хвои				
	20 июня	23 июля		20 августа	
	Хвоя прошлого года	Хвоя молодая	Хвоя прошлого года	Хвоя молодая	Хвоя прошлого года
I	49,2	72,6	55,7	66,4	57,1
II	48,5	72,2	55,1	66,0	55,3
III	49,2	73,1	54,9	64,4	55,8
IV	47,5	72,4	55,1	67,4	56,0
V	47,6	72,5	53,7	66,1	56,8

несколько выше, чем в контроле. Молодая хвоя характеризуется более высокой интенсивностью дыхания по сравнению с прошлогодней.

Изучение водного режима хвои показало, что при внесении полного минерального удобрения интенсивность транспирации (табл. 4) и оводненность хвои (табл. 5) во все сроки наблюдений выше по сравнению с контролем. Влажность хвои в остальных вариантах колеблется незначительно, не прослеживается определенной зависимости и в изменении транспирации. Хвоя текущего года имеет большую влажность и интенсивнее транспирирует, чем хвоя прошлого года.

Таблица 6

Ва- рианты	Показатели роста на осень 1973 г.			Состояние культур на осень 1976 г.			
	Высота, см	Диаметр у шейки корня, мм	Длина кроны, см	Высота, см	Диаметр у шейки корня, мм	Текущий прирост, см	
						1975 г.	1976 г.
I	58,6 ± 0,69	1,9	49,5	132,1 ± 3,5	2,8	25,7	29,6
II	58,0 ± 0,87	1,9	50,1	131,3 ± 3,9	2,8	25,8	28,3
III	57,9 ± 0,75	1,9	48,7	108,6 ± 2,9	2,4	23,1	21,4
IV	59,0 ± 0,45	1,9	50,4	117,3 ± 3,1	2,5	24,2	24,6
V	59,5 ± 0,61	1,9	49,6	107,6 ± 3,6	2,3	20,6	19,5

Изучение биометрических показателей роста культур в опытах 1973 и 1974 гг. показало, что в год внесения удобрения не вызывают увеличения прироста в высоту и по диаметру, а двойная доза фосфора и микроудобрения оказали тормозящее действие на рост. Положительное действие удобрений начало проявляться лишь на 2—3-й годы. Из табл. 6 видно, что в опытах 1974 г. лучшие результаты дало внесение НРК и РК. В этих вариантах через 3 года после внесения удобрений высота на 24% и диаметр у шейки корня на 21% больше по сравнению с контролем. В опытах 1973 г. при внесении N—40, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—80, K<sub>2</sub>O—40 высота оказалась на 23% и диаметр у шейки корня на 33% больше, чем в варианте без внесения удобрения.

Обобщая результаты проведенных опытов на осушенном переходном болоте, следует отметить, что под действием полного минерального (N—60, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—60, K<sub>2</sub>O—60) и фосфорно-калийного (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—60, K<sub>2</sub>O—60) удобрений увеличивается масса и длина хвои, повышается ее фотосинтетическая активность, изменяется водный режим и снижается интенсивность дыхания. Количественные и качественные изменения в ассимиляционном аппарате способствуют росту и развитию культур. Внесение фосфорно-калийных удобрений с увеличением дозы фосфора и добавка к полному минеральному удобрению микроэлементов отрицательно сказывалось на физиологической активности хвои и росте культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Веретенников А. В., Коновалов В. Н., Коновалова В. М. Фотосинтез ели на осушенных и удобренных торфяных почвах северной подзоны тайги. — Материалы годичной научной сессии Архангельского института леса и лесохимии за 1974 г. Архангельск, 1975. [2]. Ионин И. В. Применение удобрений при создании лесных культур на осушенных переходных болотах. — В сб.: Применение удобрений, стимуляторов роста и арборицидов в лесном хозяйстве. М., 1968. [3]. Кузьмин Ю. Н., Веретенников А. В. Фотосинтез и отток ассимилятов у сосны на осушенных торфяных почвах. — В сб.: Вопросы лесовосстановления на Европейском Севере. Архангельск, Ин-т леса и лесохимии, 1976.

Поступила 23 декабря 1977 г.

УДК 634.0431.6

### ПОВРЕЖДЕННОСТЬ СТВОЛОВ, СКОРОСТЬ И ВРЕМЯ ЗАРАСТАНИЯ ОГНЕВЫХ ТРАВМ У ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ КРЫМСКОЙ ПОСЛЕ СИЛЬНЫХ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ

А. Г. САВЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

По методике И. С. Мелехова изучены поврежденность деревьев, скорость и время зарастания огневых травм в древостое сосны крымской, испытавшем действие трех сильных низовых пожаров. Освещено действие повторных пожаров на деревья.

В целях изучения действия сильных низовых повторных пожаров на деревья сосны крымской нами проведены исследования в чистом одновозрастном древостое сосны крымской (возраст 112 лет, диаметр 28 см, высота 16 м, полнота после пожара 0,8, класс бонитета IV, южный склон 25°). Древостой возник в результате возобновления после

разрушительного пожара, происшедшего в Крыму в 1859 г. и испытал действие трех сильных пожаров: первый — в возрасте 57 лет, второй — в 77 лет и третий — в 102 года.

Исследованиями И. С. Мелехова [2] установлено, что устойчивость деревьев к пожарам возрастает с увеличением их диаметра. Эта закономерность отчетливо выражена у сосны крымской, причем с увеличением толщины стволов уменьшаются и вероятность гибели деревьев, и поврежденность стволов. Оценка состояния 284 деревьев, произведенная через 10 лет после третьего пожара, который был очень сильным и находился на грани перехода к верховому (стволы деревьев обгорели на высоту 8—13 м), показала, что в результате последнего пожара погиб 21% деревьев, причем 73% из них — это деревья тонкомерные, отставшие в росте, со слабым приростом (ступени толщины 12—16 см, IV—V классы по Крафту). 95% всех погибших деревьев имели значительные травмы от первых двух пожаров. Деревья сосны крымской с диаметром более 26 см гибнут при сильных пожарах в основном не из-за обширных ожогов ствола, а в результате глубокого выгорания незаросших подсушин от предыдущих пожаров и последующей поломки ствола или от обгорания кроны. 79% общего числа деревьев сохранили жизнеспособность, в том числе: 54% деревьев были травмированы еще при первом пожаре, и размеры огневых травм увеличивались при повторных пожарах; 16% деревьев, не имевших старых подсушин, при третьем пожаре получили очень слабые ожоги ствола в виде мелких пятен некроза, которые за 10-летний период заросли; 9% деревьев были без огневых травм.

В сохранении жизнеспособности деревьев после пожара большое значение имеют размеры огневых травм и скорость их зарастания. Деревья с незаросшими подсушинами больше подвержены гибели в результате повторного пожара, чем восстановившие нормальное состояние. Во время повторного пожара у деревьев сосны крымской отмирают живые ткани ствола, расположенные вокруг незаросшей подсушины: длина пожарных ранений увеличивается на 0,1—1,6 м, а ширина возрастает на 3—20 см. При сильных повторных пожарах загораются незаросшие подсушины, пожар переходит в стволовой. Глубокое выгорание подсушин приводит к тому, что стволы деревьев ломаются под действием собственной тяжести или ветра сразу при пожаре или спустя некоторое время.

Длина огневых травм после трех пожаров как по среднему значению, так и по размаху вариации уменьшается с увеличением толщины стволов. Так, если у деревьев с диаметром менее 26 см длина подсушин колебалась в пределах 0,1—9,0 м, то при толщине стволов более 34 см не превышала 3,0 м; коэффициент корреляции этих признаков равен — 0,44.

На основе метода и уравнений И. С. Мелехова [2] мы определяли скорость и время зарастания огневых травм стволов деревьев после первого и второго пожаров, для чего произведены соответствующие замеры на 107 деревьях сосны крымской возраста 50—80 лет из указанного древостоя. При низовых пожарах, как установлено И. С. Мелеховым [1], поврежденность стволов деревьев наибольшая в комлевой части, степень пожарного ранения уменьшается по мере поднятия вверх по стволу, поэтому замеры произведены на высоте 0,25 м. Результаты исследований изложены в табл. 1, из которой видно, что по мере зарастания диаметра деревьев ширина пожарных ранений вначале увеличивается, что вызвано незначительной огнестойкостью тонкомерных деревьев и возрастанием при увеличении толщины стволов площади

Таблица 1

Диаметр стволов без коры на высоте 0,25 м, см	Ширина подсушин, см, после пожара		Увеличение незаросшей зоны подсушин по ширине при повторном пожаре, см	Поврежденность стволов деревьев (ширина подсушин, % от длины окружности стволов после пожара)		Скорость зарастания подсушин, м/год, после пожара		Период зарастания подсушин, лет, после пожара	
	первого	второго		первого	второго	первого	второго	первого	второго
Менее 9,5	14,2 4-26	17,9 12-26	5,9 2-8	47 15-93	54 31-92	2,0 1,3-3,0	1,6 1,2-2,0	81 20-200	118 60-203
9,5-12,5	18,1 3-30	22,6 9-36	8,2 3-16	48 6-79	50 20-81	2,7 1,1-4,5	2,1 0,8-3,6	88 7-261	126 52-282
12,5-15,5	22,6 3-41	27,3 8-49	8,2 3-16	50 6-90	52 10-90	2,7 0,9-4,2	2,0 0,4-4,0	108 9-370	162 31-371
15,5-18,5	19,6 2-42	23,9 4-52	10,4 7-18	36 4-81	38 5-81	4,8 1,0-9,0	3,8 1,2-9,0	67 4-400	89 4-383
18,5-21,5	22,4 3-59	29,0 4-65	12,6 7-19	35 4-90	38 5-89	4,2 2,5-7,5	4,0 2,0-6,8	53 9-112	75 4-135
21,5-24,5	20,2 2-39	20,0 3-40	11,1 10-13	28 5-50	24 5-50	4,5 2,8-7,0	4,2 2,4-10,0	50 3-115	70 3-146
Более 24,5	9,5 3-42	9,7 3-28	9,5 7-12	13 4-60	10 3-30	5,8 2,7-11,3	5,5 1,9-11,3	17 3-73	32 3-70
Среднее	18,8	23,2	9,0	39	41	3,8	3,1	72	106
Теснота связи с толщиной стволов (корреляционное отношение)	0,34	0,40	0,34	0,47	0,50	0,59	0,60	0,40	0,50

Примечание. В числителе средние значения; в знаменателе — размах вариации.

их боковой поверхности, испытывающей огневое воздействие; при диаметре 15,5—24,5 см ширина огневых травм у деревьев практически остается на одном уровне и резко уменьшается у деревьев с диаметром более 24,5 см вследствие возрастания их огнестойкости при увеличении диаметра. Поврежденность деревьев по окружности ствола уменьшается, а скорость зарастания огневых травм увеличивается с повышением толщины одновозрастных деревьев. По всем показателям резко выде-

ляются деревья сосны крымской с толщиной стволов более 24,5 см, которые меньше всего страдают от пожаров и быстро восстанавливают свое нормальное состояние. В целом сильный повторный пожар ухудшает состояние деревьев, травмированных предшествовавшим пожаром.

У сосны крымской скорость заращения пожарных ранений после сильного повторного пожара снижается у всех деревьев (за исключением получивших очень слабые ожоги в виде мелких некротических пятен шириной до 8 см и менее 8% по окружности ствола), что объясняется как увеличением поврежденности деревьев с незаросшими подсушинами при повторном пожаре, так, по-видимому, и возрастным изменением регенерационной способности деревьев.

Средняя скорость заращения пожарных травм у сосны крымской колеблется в пределах 0,4—11,3 мм/год, что близко к аналогичным значениям, определенным И. С. Мелеховым [2] у сосны обыкновенной в условиях Европейского Севера. Скорость заращения огневых травм, как показали исследования И. С. Мелехова [2], связана с размерами пожарных подсушин, возрастом и размерами деревьев, характером прироста, числом пожаров, что в полной мере относится и к сосне крымской. Чем больше повреждены деревья сосны крымской по окружности ствола, тем меньше скорость заращения огневых травм. При одинаковой поврежденности стволов скорость заращения пожарных ранений выше у деревьев, отличающихся большим приростом по диаметру. Коэффициент множественной корреляции указанных признаков равен  $0,61 \pm 0,06$ . Уравнение регрессии для определения средней скорости заращения огневых травм у сосны крымской:

$$C = 5,5 \frac{D}{A} - 0,0367P + 3,53,$$

где  $C$  — средняя скорость заращения пожарных подсушин после первого пожара, мм/год;

$D$  — диаметр стволов без коры на высоте 0,25 м, см;

$A$  — возраст деревьев, лет;

$P$  — поврежденность стволов деревьев по их окружности (ширина огневой травмы в процентах от длины окружности ствола).

Исходя из уравнения, можно сделать вывод, что скорость заращения пожарных ранений возрастает при увеличении ширины годичных колец и, следовательно, при улучшении лесорастительных условий.

У 50—80-летних деревьев сосны крымской с диаметром более 15,5 см значительно ниже поврежденность стволов и выше скорость заращения подсушин, что заметно сокращает время заращения огневых травм (табл. 1). У деревьев с диаметром более 24,5 см длительность заращения подсушин наименьшая: в среднем 17 лет после первого пожара и 32 года после второго. Однако в целом раны после сильных пожаров зарастают долго (в среднем 72 года после первого пожара и 106 лет после второго).

У сосны крымской быстро зарастают (за 3—12 лет, в среднем за 6—7 лет) только очень слабые ожоги ствола шириной до 7—8 см и менее 8% по окружности ствола, имеющие вид мелких пятен некроза, приуроченных к трещинам коры. Заращение подсушин, охвативших 8—15% окружности ствола, длится не менее 5 лет; 16—40% — 20 и более лет; 41—70% (обширные огневые травмы) — свыше 35 лет; более 70% — не менее 90 лет. У деревьев с такими травмами значительно снижается скорость регенерации, и зарастить ранения деревья не могут до конца жизни, за исключением молодых или с очень сильным приростом. После повторных пожаров период заращения огневых

травм значительно удлиняется у деревьев с ожогами, охватывающими более 16% по окружности ствола, и практически не изменяется у деревьев с незначительными травмами.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Мелехов И. С. Об изменении анатомического строения древесины сосны под влиянием лесных пожаров. Архангельск, АЛТИ, 1940. [2]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.—Л., Гослестехиздат, 1948.

Поступила 13 февраля 1978 г.

УДК 631.312.3

## ОБОСНОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОГО ПОЧВОПОДГОТАВЛИВАЮЩЕГО ОРГАНА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЛЕСОПОСАДОЧНЫХ МАШИН

В. В. ЦЫПЛАКОВ

Саратовский сельскохозяйственный институт

Для условий Юго-Востока европейской части СССР экспериментально-теоретическими исследованиями обосновывается конструктивная форма и кинематические режимы работы фрезерных почвоподготавливающих органов комбинированных лесопосадочных машин. Приводится математическая зависимость для расчета кинематического параметра фрезбарана с переменным диаметром.

Один из основных путей совершенствования механизации посадки леса — создание комбинированных машин, сочетающих процессы подготовки почвы и посадки семян. Совмещение этих операций позволяет значительно (до 25%) повысить производительность труда. Однако такие машины не получили пока широкого распространения, в основном, из-за отсутствия теоретических и экспериментальных обоснований почвоподготавливающего органа.

В условиях Юго-Востока европейской части СССР первостепенное значение для роста и сохранности посаженных семян имеет влага. Поэтому почва, подготавливаемая таким органом, должна не только сохранять и накапливать влагу, но и концентрировать выпадающие осадки в зоне расположения корневых систем семян.

Бороздная подготовка почвы, в результате которой образуется микропонижение, частично отвечает этим требованиям, но из-за ряда недостатков, отмечаемых многими авторами [4, 6, 8, 9, 11], не нашла широкого применения на почвах тяжелого механического состава, а следовательно, и попытку использовать двухотвальный плужный корпус в качестве почвоподготавливающего органа к комбинированным лесопосадочным машинам (агрегатам) нельзя признать удачной.

Перспективны машины с принудительным вращением рабочих органов, способных обеспечить обработку почв в различных климатических условиях в соответствии с агротехническими требованиями [7, 12]. На это указывал еще акад. В. П. Горячкин, рассматривая формы отвалов почвообрабатывающих машин: «...в будущем рабочей частью плуга должен быть вращающийся винт, как это делается в фреззах» [3].

Однако использование фрез в качестве почвоподготавливающего органа в комбинированных лесопосадочных машинах сдерживается из-

за отсутствия обоснованных рекомендаций по их форме и параметрам для различных почвенно-климатических районов Советского Союза.

В условиях, характерных для Юго-Востока европейской части СССР, мы в течение семи лет исследовали работу почвоподготавливающих органов роторных машин центрального привода, с горизонтальной осью вращения, расположенной перпендикулярно к направлению движения (рис 1). Эти машины менее металлоемки (масса почти в два раза меньше, чем у машин с боковым приводом) [1], более проходимы и надежны при работе на вырубках. Конструктивно-кинематические параметры машины определяли по результатам эксплуатационных и агротехнических исследований.

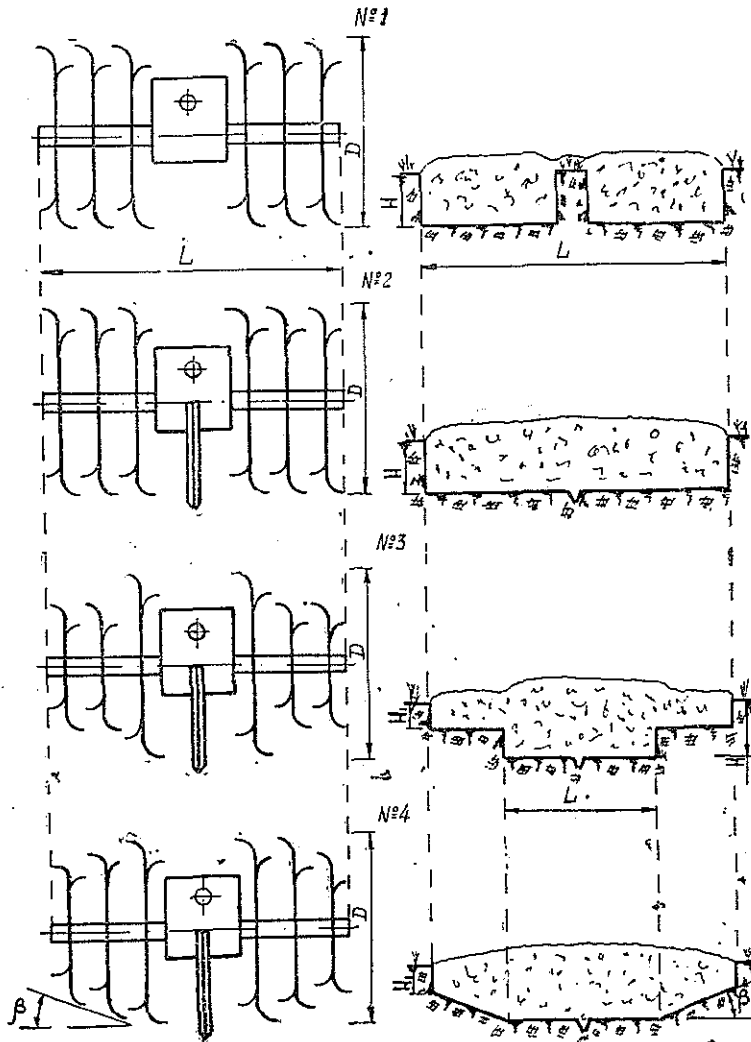


Рис. 1. Конструктивные схемы фрезерных почвоподготавливающих органов и характер обработки ими почвы.

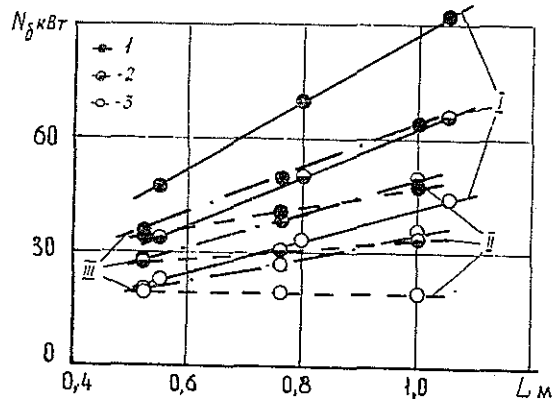
№ 1 — фрезбарабан цилиндрической формы; № 2 — фрезбарабан цилиндрической формы со щелеобразующим устройством на редукторе; № 3 — ступенчатый фрезбарабан со щелеобразующим устройством на редукторе; № 4 — фрезбарабан двухконусной формы со щелеобразующим устройством на редукторе.



Ширина захвата фрезерным почвоподготавливающим органом. Из анализа рис. 2 видно, что при глубине обработки почвы 20—25 см (глубина обосновывается длиной корневых систем семян) и энерговозможности тракторов лесохозяйственного (ЛХТ-55)

Рис. 2. Зависимость затрат мощности от ширины захвата фрезбарабана.

I — цилиндрическим фрезбарабаном; II — ступенчатым фрезбарабаном; III — двухконусным фрезбарабаном. 1 —  $H = 25$  см; 2 —  $H = 20$  см; 3 —  $H = 15$  см;  $n = 187$  об/мин;  $V = 2,3$  км/ч.



и ДТ-75М эффективная мощность двигателя  $N_e$  соответственно составляет 44—48 и 66 кВт с учетом затрат  $N_e$  на перемещение агрегата (трактора и лесопосадочной машины) в пределах 14,7—18,5 кВт, ширина захвата фрезбарабаном цилиндрической формы не превышает 0,5—0,6 м. Однако в широкой полосе почвы влага накапливается и сохраняется лучше, чем в узкой. Поэтому в целях увеличения общей ширины обработки почвы фрезерным почвоподготавливающим органом (за счет уменьшения ее объема фрезерования) исследовали фрезбарабаны ступенчатой и двухконусной формы (рис. 1), т. е. мы предлагаем использовать фрезбарабаны в роторных рабочих органах с переменным диаметром, с учетом особенности расчета их кинематического параметра  $m$ . Последний определяется отношением поступательной скорости машин  $v$  к окружной скорости вращения фрезбарабана  $v_0$  [5]

$$m = \frac{v}{V_0}. \quad (1)$$

Однако из формулы (1) нельзя определить наименьшую (допустимую) величину  $m$  в зависимости от диаметра фрезбарабана  $D$  и глубины фрезерования почвы  $H$ .

Для вывода зависимости  $m = f(D, H)$  рассмотрим схему работы фрезерного органа. Известно, что нож фрезы работает нормально, если соблюдается неравенство

$$V_0 \sin \omega t \geq V, \quad (2)$$

где  $\omega t$  — угол между поверхностью почвы и направлением радиуса фрезбарабана.

Значение  $\sin \omega t$  определяется по формуле

$$\sin \omega t = \frac{D - 2H}{D}. \quad (3)$$

Подставив выражение (3) в формулу (2), преобразовав неравенство и заменив правую часть ее выражением (1), получим

$$m \leq \frac{D - 2H}{D} \quad (4)$$

Поскольку величина  $D - 2H$  по всей длине фрезбарабана постоянна, то из формулы (4) следует, что параметр  $m$  будет наименьшим при наибольшем диаметре. В связи с этим для почвообрабатывающих фрез с переменным диаметром барабана, расчет допустимого кинематического параметра следует производить по наибольшему диаметру — формула (4).

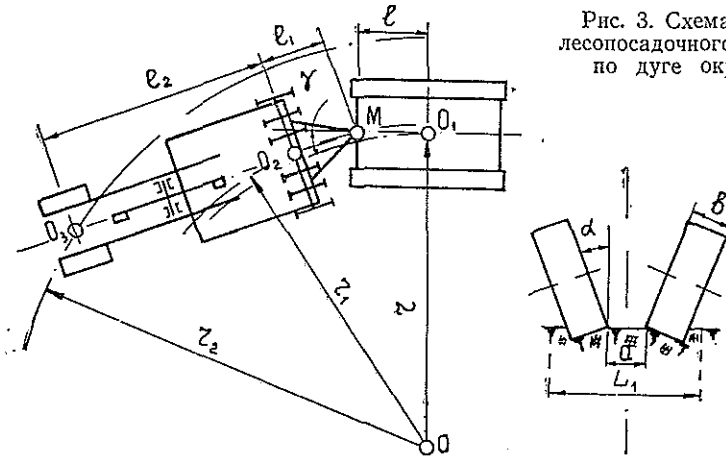


Рис. 3. Схема движения лесопосадочного агрегата по дуге окружности.

Необходимая ширина обработки почвы  $L_1$  центральными ножами фрезерного почвоподготавливающего органа определяется (согласно рис. 3) с учетом смещения траектории движения катков лесопосадочной машины от траектории почвоподготавливающего органа при движении агрегата по криволинейному маршруту:

$$L_1 = a + 2b \cos \alpha + 2 \sqrt{r^2 + l^2 + (l_1 + l_2)^2 - 2(l_1 + l_2)(r \sin \gamma - l \cos \gamma)} - \sqrt{r^2 + l^2 + l_1^2 - 2l_1(r \sin \gamma - l \cos \gamma)}, \quad (5)$$

- где  $a$  — расстояние между катками;  
 $b$  — ширина ободьев катков;  
 $l$  — расстояние между центром поворота трактора  $O_1$  и точкой прицепа машины  $M$ ;  
 $l_1$  — расстояние от точки прицепа машины  $M$  до поперечной оси расположения фрезерного почвоподготавливающего органа  $O_2$ ;  
 $l_2$  — расстояние от поперечной оси расположения фрезерного почвоподготавливающего органа  $O_2$  до оси катков  $O_3$ ;  
 $r$  — радиус движения центра поворота трактора  $O_1$  по криволинейному гону;  
 $\alpha$  — угол наклона осей катков;  
 $\gamma$  — угол отклонения оси прицепа трактора от касательной к центру поворота трактора при движении его по криволинейному гону.

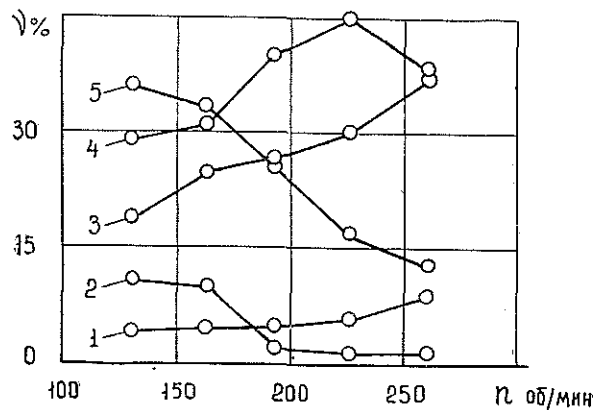
Для агрегатов (трактора ЛХТ-55; ДТ-75М с лесопосадочными машинами СБН-1, СБН-1А)  $L_1 = 0,4$  м. Экспериментальными исследованиями движения этих агрегатов по криволинейным гонам на сильно задернелых участках установлено, что минимальный радиус кривизны гона  $r$  составляет 12—14,5 м, а  $\gamma = 15 \div 20$  град.

Общая ширина захвата  $L$  фрезерным почвоподготавливающим органом, судя по энергоемкости процесса (рис. 2), с учетом минимальной глубины обработки почвы  $H_1 = 10$  см (обосновывается глубиной хода рабочих органов культиваторов) крайними ножами (схемы № 3, 4, рис. 1) достигает 0,8 м. Угол  $\beta = 26,5 \div 36,5$  град (рис. 1).

Частота вращения ротора  $n$ . Проведенный анализ изменения глубины обработки почвы (от 0,15 до 0,25 м) показал, что приращение мощности  $\Delta N_6$  на фрезерование почвы к приращению глубины обработки  $\Delta H$  изменяется непропорционально. При этом наиболее крутая ветвь кривой  $\frac{\Delta N_6}{\Delta H} = \dot{f}(n)$  соответствует режимам работы фрезбарабана более 225 об/мин. Учитывая, что глубина обработки почвы фрезой в процессе работы будет изменяться за счет микро-рельефа местности, судя по зависимости  $\frac{\Delta N_6}{\Delta H} = \dot{f}(n)$ , оптимальный (по энергозатратам) режим работы фрезбарабана находится в преде-

Рис. 4. Зависимость крошения почвы от частоты вращения фрезбарабана.

1 — диаметр фракции менее 1 мм;  
2 — 9—10 мм; 3 — 1—3 мм; 4 —  
4—8 мм; 5 — более 10 мм;  
 $V = 2,3$  км/ч.



лах от 100 до 225 об/мин. Однако из диаграмм, представленных на рис. 4, видно, что с увеличением частоты вращения фрезбарабана до 225 об/мин содержание  $\gamma$  в полосе почвенных фракций диаметром от 4 до 8 мм возрастает. При этом наиболее интенсивное приращение их происходит в режиме работы фрезбарабана от 162 до 225 об/мин. Так, если увеличение частоты вращения фрезбарабана  $n$  с 130 до 162 об/мин вызывало увеличение содержания фракции 4—8 мм (наиболее желательной [10]) на 1,6%, то изменение частоты вращения фрезбарабана с 162 до 193 и с 193 до 225 об/мин соответствует приращению фракции на 9,3 и на 4,1%. Дальнейшее увеличение частоты вращения фрезбарабана (до 260 об/мин) вызывает уменьшение содержания фракции в полосе с 45,2 до 38,5%. Однако их значительно больше (38,5%), чем при режиме 162 об/мин (31,9%). Следовательно, оптимальный режим работы фрезбарабана заключается между 190 и 260 об/мин. Согласно результатам исследований по энергозатратам, частота вращения фрезерного почвоподготавливающего органа должна быть в пределах 190—225 об/мин при поступательной скорости движения агрегата 2,0—2,5 км/ч.

При агротехническом обосновании почвоподготавливающего органа основными критериями являлись качество крошения почвы под редуктором фрезы (в связи с тем, что сошник комбинированной лесо-

посадочной машины проходит по центру полосы) и характер ее увлажнения. Наилучшую конструктивную форму фрезы определяли по схемам № 1 и 2 (рис. 1, остальные аналогичны схеме № 2), а характер увлажнения разрыхленной полосы — по схемам № 2, 3 и 4 (рис. 1).

Наиболее отрицательно на приживаемость посаженных семян влияет глыбистая (почвенные комочки диаметром более 10 мм [2]) фракция [10]. Поэтому при оценке качества подготовки почвы необходимо учитывать изменения ее глыбистого фракционного состава. Исследования по этому критерию показали, что лучшее качество подготовки почвы обеспечивает роторный рабочий орган, изображенный на схеме № 2 (рис. 1), на котором, в отличие от схемы № 1, по оси редуктора расположено щелеобразующее устройство в виде пластинчатого ножа. При частоте вращения ротора  $n = 200$  об/мин на сильно задернелой почве влажностью 15,2% глыбистые фракции диаметром более 100 мм отсутствуют.

Следовательно, один из путей решения проблемы обработки почвы под редуктором роторных машин с центральным приводом, на который указывает И. М. Панов [7], — установка щелеобразующего устройства под ним (в виде пластинчатого ножа), выполняющего одновременно и предохранительную функцию для редуктора.

Изучение характера увлажнения почвенной полосы показало, что наилучшая конструктивная форма фрезерного барабана — двухконусная. Она обеспечивает хорошую водопроницаемость и передвижение излишней воды к центру полосы по поверхности более плотного, не разрыхленного горизонта, позволяет создать зону повышенного (на 3—5%) увлажнения почвы. Такая подготовка почвы в условиях Юго-Востока европейской части СССР способствует концентрированному накоплению влаги под корнями семян, а конструкция фрезбарабана (схема № 4, рис. 1) за счет уменьшения объема фрезеруемой почвы позволяет снизить энергзатраты по сравнению с затратами при использовании барабана цилиндрической формы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Баранов А. И., Цыплаков В. В. О приводе почвенных фрез (для лесного хозяйства). — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5. [2]. Гаркуша И. Ф. Почвоведение. М.—Л., Сельхозиздат, 1962. [3]. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. 4. М., Сельхозиздат, 1937. [4]. Крамарев А. Ф. Подготовка почвы на вырубках байрачных дубрав. — «Лесохозяйственная информация ЦБНТИ», 1968, № 22. [5]. Лукьянов А. Д. Кинематика почвообрабатывающей фрезы. — В сб.: Вопросы сельскохозяйственной механики. Т. 20. Минск, «Урожай», 1971. [6]. Милованов Е. Д., Цыплаков В. В. О посадке леса на нераскорчеванных вырубках. — В сб.: Машины и орудия для механизации лесного хозяйства. Воронеж, Воронежский университет, 1975. [7]. Панов И. М. Перспективные направления создания почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами. Сер. «Сельскохозяйственные машины». М., ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1971. [8]. Полупарнев Ю. И. Исследование работы пахотных агрегатов на криволинейных гонах. — «Труды ВЛТИ», т. 32, вып. 1. Воронеж, изд. Воронежского университета, 1969. [9]. Соловьев Б. П. Технико-экономическая оценка почвообрабатывающих орудий в условиях лесного Поволжья. — «Лесное хозяйство», 1962, № 11. [10]. Цыплаков В. В. Влияние макроагрегатов почвы и первоначального уплотнения ее на приживаемость семян. — В сб.: Пути интенсификации лесного хозяйства в Поволжье. Вып. 23. Саратов, 1973. [11]. Цыплаков В. В. О некоторых технологических недостатках при посадке семян на нераскорчеванных вырубках. — В сб.: Пути интенсификации лесного хозяйства в Поволжье. Вып. 23. Саратов, 1973. [12]. Цыплаков В. В. Классификация комбинированных машин для посадки семян с оголенными корневыми системами на нераскорчеванных вырубках. — В сб.: Повышение продуктивности и улучшения качества лесов. Вып. 39. Саратов, 1974.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.576/.577

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ КАНАТОВ  
ПОДВЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК***Н. М. БЕЛАЯ, А. Г. ПРОХОРЕНКО*

Львовский лесотехнический институт

Обоснованы критерии для выбраковки несущих канатов по числу оборванных наружных проволок на пряди или на шаге свивки, и приведены графики для определения остаточного разрывного усилия, соответствующего этим критериям.

Срок службы несущих канатов определяется числом проходов грузовой каретки или количеством транспортируемого груза. Представление о пределе выносливости несущих канатов позволяет с достаточной точностью прогнозировать возможный срок их эксплуатации. Однако условия испытаний на пробегных машинах, на основании которых устанавливают пределы выносливости канатов, не учитывают ряда возможных эксплуатационных факторов, носящих случайный характер, например, повреждения наружных проволок каната при аварийных ситуациях. Следовательно, чтобы гарантировать безопасность работы, кроме данных о пределах выносливости несущих канатов различной конструкции, необходимо иметь такой показатель, который позволил бы оценить изменение рабочего состояния каната или его остаточную прочность в любой момент эксплуатации.

Таких исследований до последнего времени не проводили. Известны лишь результаты исследований остаточной прочности канатов, используемых на подъемно-транспортных машинах и в горно-рудной промышленности, например, исследования Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), где испытывали канаты, подобные несущим по размерам и конструкции, но назначение которых и характер работы не соответствовали условиям работы канатов на подвесных лесотранспортных установках.

Прочность канатов в процессе их эксплуатации можно контролировать разными способами. Известен метод вырезания участков каната для последующего испытания на разрыв в лабораторных условиях. В сочетании с визуальным осмотром всего каната такой метод позволяет составить достаточно полное представление об остаточной прочности каната и возможности его дальнейшего использования.

Для подвесных лесотранспортных установок этот метод неприемлем, так как вызывает необходимость счаливать несущие канаты по длине, что нецелесообразно.

Для оценки работоспособности несущих канатов наиболее удобен метод, основанный на внешнем осмотре каната, позволяющий оценить изменение первоначальной его прочности по признакам, которые проявляются в процессе эксплуатации, например, изменение диаметра или количества обрывов наружных проволок.

В таком плане вопрос рассматривал А. И. Дукельский, который исследовал несущие канаты закрытой конструкции и показал, что по-

явление трех и шести обрывов наружных проволок связано с изменением прочности каната и может служить показателем его износа [1].

Авторы поставили задачу установить, наблюдается ли при работе несущих канатов лесотранспортных установок подобная зависимость между их прочностью и числом обрывов наружных проволок и какое количество оборванных проволок на заранее обусловленном участке длины каната следует принять в качестве критерия для его выбраковки. Была проведена серия опытов с канатами, ранее испытанными на выносливость, при широком диапазоне изменения числа проходов каретки — от минимального до максимального возможного; установленное по результатам испытаний более 200 образцов.

Испытывали канаты  $d = 25,0$  мм, ГОСТ 2688, ГОСТ 3077 и ГОСТ 3070 с пределами прочности материала проволок от  $\sigma_b = 160$  кгс/мм<sup>2</sup> до  $\sigma_b = 190$  кгс/мм<sup>2</sup>. В качестве показателя износа фиксировали число оборванных наружных проволок на одной пряди и на шаге свивки каната. Параллельно с изношенными было испытано несколько образцов новых канатов тех же ГОСТов, взятых из той же катушки. Остаточное разрывное усилие определяли на разрывной машине ГРМ-1.

Испытания проводили при статическом нагружении образцов каната без учета влияния поперечной нагрузки.

Основанием для такой постановки испытаний служили ранее проведенные исследования. Так, по данным А. И. Дужельского, разрывное усилие несущего каната  $d = 38$  мм не изменялось при действии поперечной нагрузки  $V = 1000$  кгс, или удельной поперечной нагрузке  $q = 1$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Контрольная проверка остаточной прочности двух образцов каната  $d = 25$  мм, ГОСТ 3077—55, испытанных на разрыв на пробегной машине при действии поперечной нагрузки  $V = 750 \div 850$  кгс (или  $q = 3,79 \div 4,25$  кгс/мм<sup>2</sup>), создаваемой движущимся катком грузовой каретки, показала, что эти образцы после пяти и семи обрывов проволок на пряди разорвались при нагрузке  $T = 28,5$  тс и  $T = 19,0$  тс. Подобные им образцы канатов без поперечной нагрузки после семи обрывов проволок на пряди разорвались при  $T = 19,5$  тс и  $T = 19,3$  тс.

Опыт эксплуатации несущих канатов на подвесных лесотранспортных установках также показал, что канаты обрываются не под катком каретки, а у концевых опорных закреплений или в зоне размещения башмаков промежуточных опор в момент, когда грузовая каретка находится посередине наибольшего пролета и растягивающее усилие в канате достигает максимума.

Таким образом, контрольные опыты и наблюдения за работой канатов на производстве подтвердили правомерность постановки исследований остаточной прочности несущих канатов без поперечной нагрузки.

В результате проведения всего комплекса запланированных исследований (испытано на разрыв 70 образцов канатов) были получены достаточно устойчивые зависимости разрывного усилия канатов от максимального числа обрывов наружных проволок на пряди  $m_n$  и на шаге свивки  $m_{ш}$  (рис. 1).

Графики построены по точкам, полученным при минимальных значениях разрывного усилия, соответствующих каждому числу обрывов проволок на пряди или на шаге свивки каната.

Такой подход к определению остаточного разрывного усилия каната соответствует положению, принятому в государственном стандарте СССР на «Канаты стальные», где разрывное усилие каната в целом должно быть не менее величины, указанной в таблице соответствующего стандарта (на типы и размеры каната) для расчетного предела прочности проволоки.

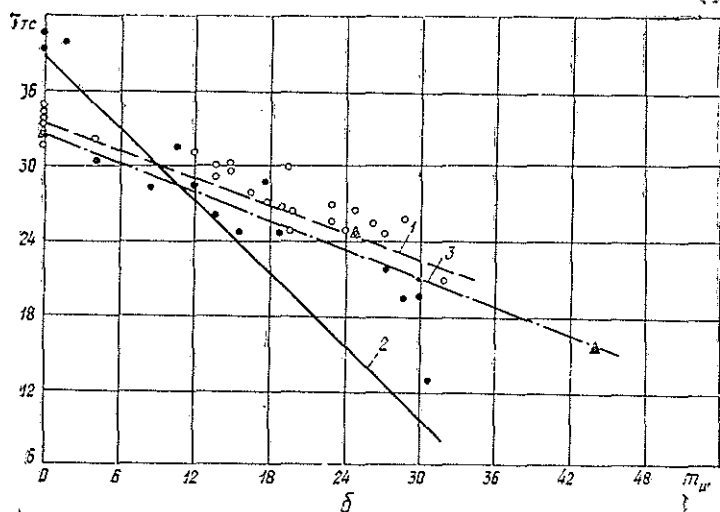
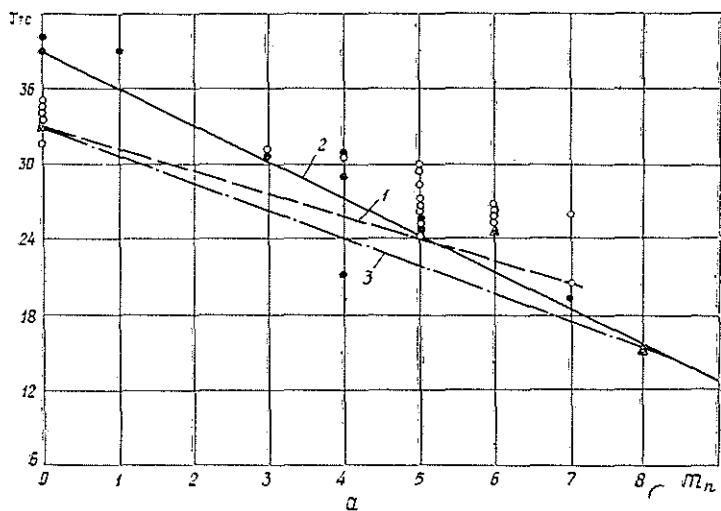


Рис. 1. Графики зависимости разрывного усилия несущих канатов от числа обрывов проволок на пряди (а) и от числа обрывов проволок на шаге свивки (б).

1 — канат ГОСТ 2688; 2 — канат ГОСТ 3077; 3 — канат ГОСТ 3070.

Обработка опытных данных позволила установить минимальное возможное разрывное усилие изношенных канатов, соответствующее определенной стадии износа каната, выраженной числом обрывов проволок на пряди или на шаге свивки.

Анализ графиков (рис. 1, а) показывает, что при пяти обрывах проволок на одной пряди, принятых в качестве критерия выбраковки, прочность канатов в сравнении с новыми снижается в следующих пределах:

канат ГОСТ 2688,  $\sigma_b = 160 \text{ кгс/мм}^2$  — на 27%;

канат ГОСТ 3077,  $\sigma_b = 190$  кгс/мм<sup>2</sup> — на 38,5%;

канат ГОСТ 3070,  $\sigma_b = 170$  кгс/мм<sup>2</sup> — на 35%.

Такому количеству обрывов проволок на пряди соответствуют от 15 до 20 обрывов проволок на шаге свивки. Из графиков (рис. 1, б) следует, что по этому показателю прочность изношенных канатов в сравнении с новым снижается:

для канатов ГОСТ 2688,  $\sigma_b = 160$  кгс/мм<sup>2</sup> — на 15—23%;

для канатов ГОСТ 3077,  $\sigma_b = 180$  кгс/мм<sup>2</sup> — на 35—45%;

для канатов ГОСТ 3070,  $\sigma_b = 170$  кгс/мм<sup>2</sup> — на 16—23%.

Сравнивая результаты опытов, полученные по двум критериям, для оценки остаточной прочности несущих канатов, следует отметить, что на первый взгляд, более устойчивую характеристику снижения разрывного усилия дает показатель количества обрывов проволок на шаге свивки.

В этой связи следует отметить, что приведенные критерии получены из двух источников: при испытании образцов длиной до 3,0 м и 20—60 м в полупроизводственных условиях [2, 5].

Испытания длинных образцов показали, что использование критерия выбраковки по числу обрывов проволок на шаге свивки для некоторых типов канатов приводило к ошибочным выводам, так как разрушение опытных образцов каната в ряде случаев происходило на участках, где по числу оборванных на шаге свивки проволок канат считался еще работоспособным. В пределах длинного сплетения в местах счалки канатов подсчет обрывов проволок на шаге свивки также не отражал достаточно точно потерю несущей способности каната. Кроме того, в процессе эксплуатации возможны случаи аварийного повреждения наружных проволок каната, влияние которых также нельзя отнести к числу обрывов проволок на шаге свивки по износу.

Таким образом, для условий лесоэксплуатации более надежным и удобным критерием выбраковки несущих канатов следует считать число оборванных проволок на одной пряди, в зоне ее соприкосновения с катком грузовой каретки.

Для сравнения, при обследовании рабочего состояния несущего каната, который предназначен к изъятию из эксплуатации, можно пользоваться и вторым критерием выбраковки — по количеству обрывов проволок на шаге свивки.

Проведенные исследования подтвердили правильность предложенных ранее рекомендаций о предпочтительном использовании (в качестве несущих) канатов с пределом прочности материала проволок  $\sigma_b = 160 \div 170$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Из графиков (рис. 1, а, б) следует, что у канатов, имеющих  $\sigma_b = 180$  кгс/мм<sup>2</sup> и более, интенсивность снижения остаточной прочности выше, чем у канатов с  $\sigma_b = 160 \div 170$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Применение канатов с пределом прочности материала проволок  $\sigma_b < 160$  кгс/мм<sup>2</sup> не целесообразно, вследствие существенного уменьшения разрывного усилия таких канатов в сравнении с канатами, имеющими  $\sigma_b = 160 \div 170$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Опыт эксплуатации подвесных лесотранспортных установок показал, что снижение разрывного усилия несущих канатов возможно не только вследствие естественного их износа, но и в зависимости от конструкции узлов подвески каната на опорах. Так, аварийное разрушение несущего каната от падения на него деревьев при ветровале наблюдалось не на участке падения дерева, а на поддерживающем канат блоке в месте подвески каната на концевой опоре.



Для установления степени влияния поперечной нагрузки на снижение разрывного усилия каната была проведена серия опытов. Исследовали влияние поперечной нагрузки, изменяющейся в диапазоне  $0 \leq q \leq 34$  кгс/мм<sup>2</sup>, на разрывное усилие новых несущих канатов  $d = 25$  мм ГОСТ 3075 и  $d = 22$  мм ГОСТ 2688 при приложении нагрузки по схеме, соответствующей аварийному разрушению несущего каната [1].

Опыты показали, что нагрузка интенсивностью до  $q = 10,7$  кгс/мм<sup>2</sup> в пределах точности эксперимента не вызывала снижения разрывного усилия каната. Однако разрыв испытуемого образца каната при этом происходил в месте приложения поперечной нагрузки через блок  $D = 320$  мм. Увеличение нагрузки до  $q = 22,0$  кгс/мм<sup>2</sup> вызывало снижение разрывного усилия каната на 13%, а при дальнейшем ее повышении до  $q = 34$  кгс/мм<sup>2</sup> разрывное усилие уменьшалось на 12%.

Полученные показатели снижения разрывного усилия до 15% соответствуют снижению разрывного усилия тяговых канатов при работе их на блоках при углах обхвата более критических. Результаты испытаний представлены на графике (рис. 2).

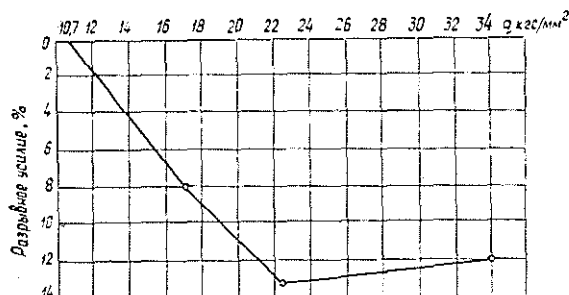


Рис. 2. График снижения разрывного усилия нового каната в зависимости от поперечной нагрузки.

По итогам проведенных исследований сформулированы следующие практические рекомендации.

Выборку несущих канатов следует производить после того, как исчерпана возможная их работоспособность. Если после первых 2—3 омен работы оказалось, что канат не имеет производственных дефектов, можно считать достаточным ресурс времени работы для оценки его работоспособности.

В качестве критериев для определения опасного состояния каната следует принимать 4—5 обрывов наружных проволок на одной пряди, на любом участке каната в зоне его соприкосновения с ободами ездовых катков кареток, или 15—16 обрывов проволок на шаге свивки каната; меньший показатель относится к канатам ГОСТ 3077, для которых разрушение одной пряди обычно вызывает разрыв всего каната.

Обрыв первой проволоки на пряди при естественном износе каната свидетельствует о том, что допускаемый срок эксплуатации канатов уже использован на 65—70%. Поэтому при числе обрывов проволок на пряди более трех в одном месте следует начинать полную ревизию состояния каната и готовить его к снятию с эксплуатации [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [2]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. О влиянии режима работы пробегных машин на показатели долговечности канатов. — В сб.: Стальные канаты. Вып. 9. Киев, «Техніка», 1972. [3]. Белая Н. М.,

Прохоренко А. Г. Технические условия использования стальных канатов подвесных лесотранспортных установок и повышения сроков их службы. Львов, АЛТИ, 1975. [4]. Дукельский А. И. Выносливость несущих канатов. — «Машиностроение и приборостроение», 1958, № 1. [5]. Прохоренко А. Г. Исследование выносливости несущих канатов двойной свивки. — ИВУЗ, «Лесной журнал». 1969, № 4.

Поступила 23 января 1978 г.

УДК 634.0.323.13.375 (075.8)

## ДИНАМИКА МАНИПУЛЯТОРА ПРИ НАБОРЕ ВОЗА ИЗ ПАЧЕК

В. А. АЛЕКСАНДРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены расчетные схемы для исследования динамики манипулятора в режиме подъема (опускания) деревьев стрелой.

В перспективном плане развития лесозаготовительной промышленности предусматривается дальнейшее внедрение принципиально новой технологии лесосечных работ с полной механизацией труда, основанной на использовании валочно-пакетирующих, бесчokerных и сучко-резных машин. По этой технологии, бесчokerный трактор с манипулятором собирает деревья из пачек, предварительно подготовленных валочно-пакетирующей машиной. Особенность работы бесчokerного трактора в этом случае заключается в возможности одновременного захвата и погрузки нескольких деревьев. В данной статье рассмотрено влияние этой особенности работы на динамическую нагруженность манипулятора и трактора в целом в режиме подъема — опускания деревьев стрелой.

На основании предыдущих исследований [1, 2] расчетную схему системы трактор с манипулятором — деревья представим в виде много-

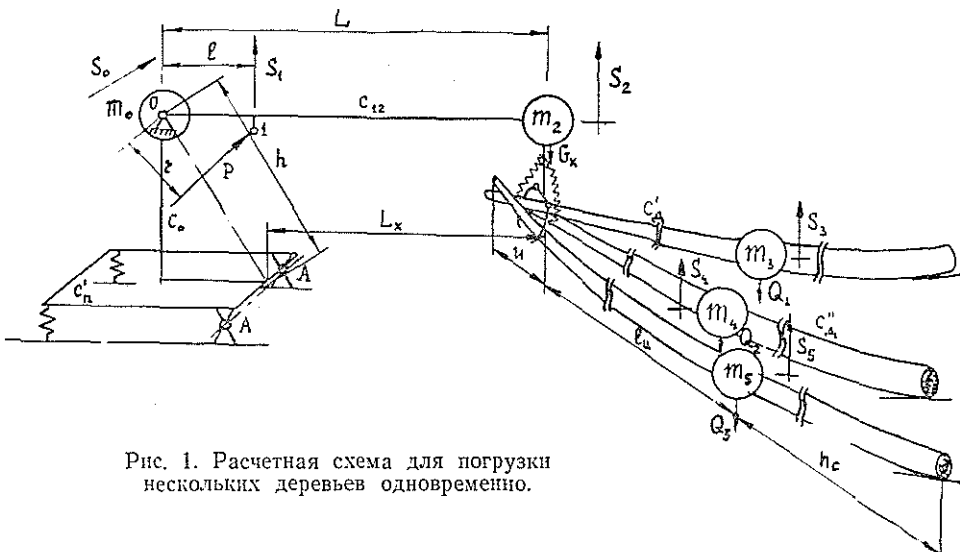


Рис. 1. Расчетная схема для погрузки нескольких деревьев одновременно.

массовой динамической модели (рис. 1). Обозначения приняты следующие:

- $m_0$  — масса опорно-поворотной конструкции манипулятора и поддресоренной базы, динамически приведенная к оси опорного шарнира стрелы;
- $m_2$  — масса стрелы, рукояти и захвата, динамически приведенная к концу рукояти;
- $m_3, m_4, m_5, \dots, m_i$  — массы деревьев, динамически приведенные в центры их тяжести;
- $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, \dots, S_i$  — обобщенные координаты центров приведенных масс  $m_0, m_2, m_3, m_4, m_5, \dots, m_i$  и безмассовой точки 1;
- $G_k$  — приведенный вес металлоконструкции манипулятора;
- $c_0$  — приведенная жесткость опорно-поворотной конструкции манипулятора;
- $c'_n$  — суммарная приведенная жесткость пружин или рессор подвески (у колесных тракторов — жесткость шин);
- $c_{12}$  — приведенная жесткость стрелы с рукоятью;
- $c'_{x_1}, c'_{x_2}, \dots, c'_{x_i}$  — жесткости (при изгибе) вершинных частей деревьев;
- $c''_{x_1}, c''_{x_2}, \dots, c''_{x_i}$  — жесткости (при изгибе) комлевых частей деревьев;
- $c_n$  — приведенная жесткость захватного устройства и дерева (деревьев);
- $Q$  — вес деревьев ( $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i$ ).

Динамическая система может быть исследована двумя способами: 1) разделением ее на подсистемы, каждая из которых включает в себя бесчokerный трактор с манипулятором и дерево. После определения и последующего суммирования добавочных нагрузок от колебаний подсистем в процессе погрузки каждого дерева в отдельности находят результирующую динамическую нагрузку, по которой устанавливают динамические параметры системы; 2) одновременным решением всей многомассовой динамической системы.

В первом случае каждая подсистема будет иметь четыре степени свободы. Как ранее установлено [1, 2], такие системы в переходных режимах описываются дифференциальными уравнениями вида

$$\frac{d^4(S_{1ПЗ} - S_{2З})}{dt^4} + A_3 \frac{d^3(S_{1ПЗ} - S_{2З})}{dt^3} + B_3 \frac{d^2(S_{1ПЗ} - S_{2З})}{dt^2} + C_3 \frac{d(S_{1ПЗ} - S_{2З})}{dt} + D_3(S_{1ПЗ} - S_{2З}) = E_3, \quad (1)$$

где  $A_3, B_3, C_3, D_3, E_3$  — постоянные коэффициенты [2].

Решение этих уравнений позволяет расчетным путем определять нагрузку на конструкцию манипулятора и базу, давление в гидроприводе, период, частоту и амплитуду колебаний динамических нагрузок в металлоконструкции и гидроприводе. Основной недостаток такого способа определения динамических параметров — практическая невозможность установить взаимовлияние всех параметров динамической системы при погрузке сразу нескольких деревьев.

Во втором случае, при рассмотрении всей многомассовой системы одновременно, исключается основной недостаток первого способа, но

решение системы дифференциальных уравнений, описывающих движение масс, в такой постановке невозможно. Поэтому здесь необходимо принять приемлемые допущения, позволяющие упростить расчетную схему.

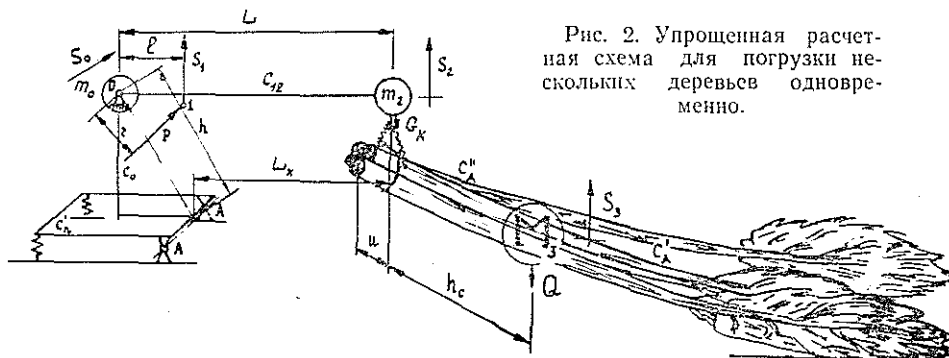


Рис. 2. Упрощенная расчетная схема для погрузки нескольких деревьев одновременно.

Упрощение расчетной схемы возможно, если собственные частоты колеблющихся масс  $m_3, m_4, m_5, \dots, m_i$  примерно равны, т. е.  $p_3 \approx p_4 \approx p_5 \approx \dots \approx p_i$ . Тогда сложную многомассовую схему можно заменить уже известной трехмассовой схемой с четырьмя степенями свободы (точка 1 — безмассовая) и описываемой дифференциальным уравнением (1), где приведенная масса  $M_3$  будет представлять собой (рис. 2) сумму масс  $m_3 + m_4 + \dots + m_i$ , а приведенная изгибная жесткость деревьев  $c_d = c'_d + c''_d$ , где  $c'_d = c'_{d_1} + c'_{d_2} + \dots + c'_{d_i}$  и  $c''_d = c''_{d_1} + \dots + c''_{d_i}$ .

Для наглядности приемлемости такого допущения рассмотрим пример. Пусть одновременно бесчокерный трактор пакетирует за комель три дерева объемом 0,25; 1,25 и 1,50 м<sup>3</sup>. Их приведенные жесткости и массы на основании экспериментальных исследований [2], соответственно, будут:  $c_{d0,25} = 13,4$ ;  $c_{d1,25} = 42,2$ ;  $c_{d1,50} = 47,1$  кгс/см и  $m_3 = 0,306$ ;  $m_4 = 0,980$ ;  $m_5 = 1,058$  кгс·см<sup>2</sup>.

Определим вначале собственные частоты колебаний масс  $m_3, m_4$  и  $m_5$  отдельно:

$$p_3 = \sqrt{\frac{13,4}{0,306}} \approx 6,61 \text{ 1/с}; \quad p_4 = \sqrt{\frac{42,2}{0,980}} \approx 6,56 \text{ 1/с};$$

$$p_5 = \sqrt{\frac{47,1}{1,058}} \approx 6,66 \text{ 1/с},$$

а затем и условно приведенные массы  $M_3$

$$p = \sqrt{\frac{c_d}{M_3}} = \sqrt{\frac{13,4 + 42,2 + 47,1}{0,306 + 0,980 + 1,058}} \approx 6,63 \text{ 1/с}.$$

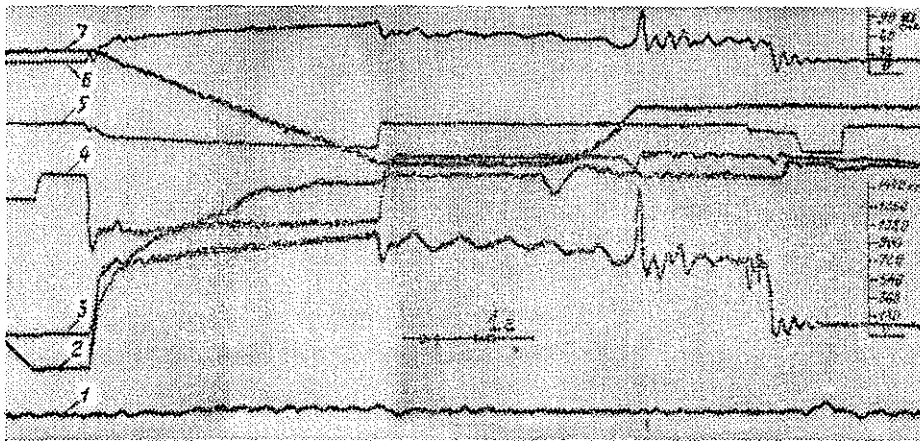
Таким образом, видим, что расхождение собственной частоты колебаний условно приведенной массы  $M_3$  с собственными частотами масс  $m_3, m_4$  и  $m_5$  не превышает 1,5%.

Автором многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что при подъеме стрелой деревьев объемом 0,25—2,00 м<sup>3</sup> низкие частоты колебаний нагрузки находятся в пределах 5,15—7,30 1/с при пакетировании за комель и 4,8—6,54 1/с при пакетировании за вершину. При опускании деревьев указанных объемов наблюдается некоторое повышение частот. Так, при опускании за комель они нахо-

Таблица 1

Способ пакетирования	Технологическая операция	Количество паке- тируемых деревьев	$Q_{ст}$	$Q_{д}$	$K_{д}$	$T_c$	$\rho$ 1/c	
			кгс					
За комель	Подъем	2	563	$\frac{625}{636}$	$\frac{1,11}{1,13}$	0,9	6,97	
		3	1057	$\frac{1134}{1161}$	$\frac{1,06}{1,08}$	0,9	6,97	
		2	532	$\frac{780}{798}$	$\frac{1,47}{1,50}$	0,8	7,85	
	Опускание	3	1032	$\frac{1347}{1393}$	$\frac{1,30}{1,35}$	0,8	7,85	
		Подъем	2	375	$\frac{438}{454}$	$\frac{1,17}{1,21}$	0,9	6,97
			3	687	$\frac{750}{769}$	$\frac{1,10}{1,12}$	1,0	6,28
Опускание	2		313	$\frac{488}{504}$	$\frac{1,56}{1,61}$	0,8	7,85	
	3	656	$\frac{1032}{1076}$	$\frac{1,58}{1,64}$	0,8	7,85		

Примечание.  $Q_{ст}$  — статическая нагрузка на манипулятор; в знаменателе — значения динамической нагрузки  $Q_{д}$  и коэффициента динамичности  $K_{д}$ , вычисленные теоретически;  $T$  — период колебаний;  $\rho$  — частота колебаний; объем погружаемых деревьев: двух — 0,50 и 0,75 м<sup>3</sup>; трех — 0,50; 0,75 и 1,40 м<sup>3</sup>.



а



б

Рис. 3. Осциллограммы экспериментальных исследований.

а — нагрузка одиночного дерева объемом 1,5 м<sup>3</sup> (скорость подъема 0,5 м/с; опускания — 1,5 м/с); 3 — нагрузка на манипулятор; 7 — перемещение стрелы. б — нагрузка трех деревьев объемом 0,50; 0,75 и 1,40 м<sup>3</sup> (скорость подъема 0,25 м/с; опускания — 1,5 м/с); 1 — перемещение стрелы; 2 — нагрузка на стрелу.

дятся в пределах 6,28—8,48 1/с и при опускании за вершину — 5,38—7,66 1/с. Высокие частоты колебаний нагрузки на манипулятор находятся, соответственно, в пределах 54,2—57,8 1/с при подъеме (опускании) деревьев за комель и 55,3—56,5 1/с при подъеме (опускании) за вершину, т. е. изменение соответствующих частот колебаний нагрузки на манипулятор происходит в узких диапазонах.

В целях проверки указанного допущения автором в июле—августе 1977 г. был экспериментально исследован процесс одновременной нагрузки нескольких деревьев за комель и хлыстов за вершину. В табл. 1 приведены некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований, а на рис. 3 сопоставлены осциллограммы набора вoза из одиночных деревьев и из подготовленных пачек. Осциллографирование проведено на 40 деревьях объемом 0,25—2,00 м<sup>3</sup>. Идентичность изменения результирующей динамической нагрузки на осциллограммах и допустимая погрешность результатов теоретического исследования подтверждают правильность принятого допущения и целесообразность использования теоретического метода для расчета оптимальных динамических параметров системы бесчokerный трактор с манипулятором — деревья.

#### Выводы

1. Выбор оптимальных параметров проектируемых новых машин с манипуляторами для подбора деревьев из пачек, а также модернизация существующих бесчokerных машин могут быть осуществлены путем исследования на динамических моделях, предлагаемых в статье, с применением вычислительных машин. При этом наиболее эффективен второй способ.

2. При наборе вoза из пачек частоты колебаний нагрузки на манипулятор находятся в тех же пределах, что и при наборе вoза из одиночных деревьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Александров В. А. Аналитическое и экспериментальное исследование процесса подъема груза — дерева стрелой гидроманипулятора. — В сб. научн. трудов: Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Вып. 147. Л., ЛТА, 1972, с. 68—73. [2]. Александров В. А. Проектирование специальных лесных машин. Уч. пособие. Л., ЛТА, 1977, с. 50.

Поступила 10 марта 1978 г.

УДК 621.93.026.6

## К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА НАДВИГАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ЭЛЕКТРОПИЛ

Ю. Н. ПЕРЕЛЬМУТЕР

Московский лесотехнический институт

Сравниваются, с точки зрения расчета мощности привода электропилы, различные способы надвигания при раскряжевке. Приведены основные аналитические зависимости, описывающие параллельный и веерный способы надвигания.

При выборе мощности двигателя электропилы для раскряжевки хлыстов необходимо ориентироваться на определенный способ надвигания. Различают [2—4] три способа: параллельный, веерный и с покачиванием шины в пропиле. Мощность, очевидно, следует рассчитывать для надвигания, обеспечивающего наивысшую производитель-

ность пиления. В этом случае требуется максимальная мощность двигателя и наиболее интенсивен его нагрев.

Мощность привода, работающего в повторно-кратковременном режиме, как известно [5], определяется следующим образом:

$$P = \sqrt{\int_0^T p^2(t) dt / (T_p + \beta T_0)}, \quad (1)$$

где  $p(t)$  — мгновенная мощность на валу двигателя;  
 $T$  — продолжительность времени, достаточного для достижения двигателем установившейся температуры (по нормам  $T \geq 5\theta$ , где  $\theta$  — постоянная времени нагрева двигателя; для приводных двигателей электропил  $\theta = 5 \div 10$  мин);  
 $T_p$  — продолжительность работы двигателя;  
 $T_0$  — продолжительность его остановов (следовательно,  $T = T_p + T_0$ );  
 $\beta$  — константа, учитывающая ухудшение охлаждения двигателя во время останова (согласно исследованиям [1], для двигателей электропил  $\beta = 0,094 \div 0,155$ ).

Во время останова двигателя  $p(t) = 0$ , поэтому, обозначив через  $I$  числитель подкоренного выражения (1), можно написать

$$I = \int_0^T p^2(t) dt = \sum_{i=1}^{k_p(T)} \int_{\tau_i}^{\tau_i + \tau_{pi}} p^2(t) dt,$$

где  $\tau_{pi}$  — продолжительность  $i$ -того реза;  
 $\tau_i = \sum_{j=1}^{i-1} (\tau_{pj} + \tau_{ni})$  — продолжительность времени от момента начала работы до начала  $i$ -того реза;  
 $\tau_{nj}$  — продолжительность останова двигателя при переходе моториста от  $j$ -того реза к  $j+1$ -му;  
 $k_p(T)$  — количество резов, произведенных за время  $T$ .

Равенство (1) можно переписать в виде

$$P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k_p(T)} \int_{\tau_i}^{\tau_i + \tau_{pi}} p^2(t) dt}{\left( \sum_{i=1}^{k_p(T)} \tau_{pi} + \beta \sum_{i=1}^{k_p(T)} \tau_{ni} \right)}}. \quad (2)$$

В качестве критериев сравнения способов надвигания, исходя из (2), рассмотрим среднюю квадратичную мощность за один рез:

$$P' = \sqrt{I/T'}, \quad (3)$$

где  $I' = \int_0^{T'} p^2(t) dt$ ;

$T'$  — продолжительность реза;  
и производительность пиления

$$\Pi' = \pi d^2 / (4T'), \quad (4)$$

где  $d$  — диаметр хлыста в месте реза.

При сравнении будем считать, что нам известны и одинаковы для всех способов надвигания: скорость резания  $v = \text{const}$  (предположение

о постоянстве  $v$  справедливо для асинхронных двигателей с «жесткой» механической характеристикой, которыми, как правило, и снабжены электропилы), длина пильной цепи  $L$ , количество одноименных строгающих зубьев пильной цепи  $z$ , ширина пропила  $b$ , удельная работа резания  $K$ . Поперечный срез хлыста принимаем за круг радиуса  $R$  (диаметра  $d = 2R$ ). При выводе уравнений предположим, что в каждый момент времени максимальная толщина снимаемой стружки постоянна и равна  $s$ . Сопротивлением трения верхней ветви пильной цепи о стенки пропила пренебрегаем.

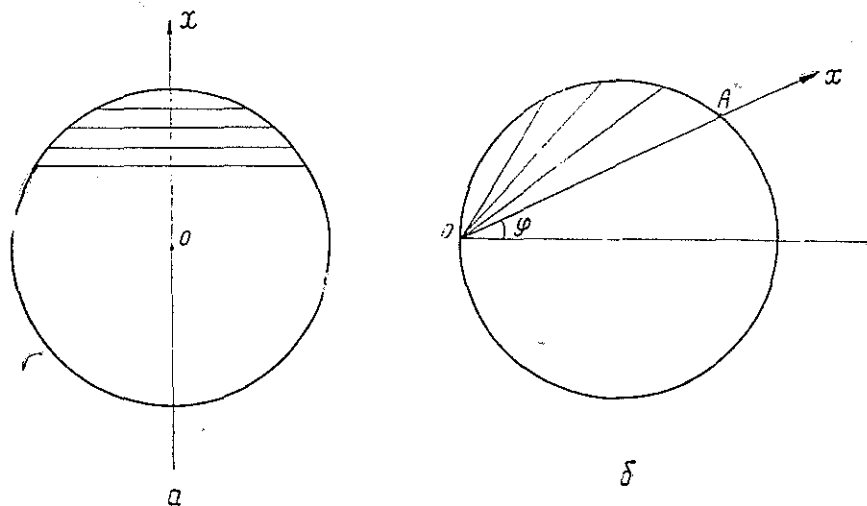


Рис. 1.

*a* — параллельный способ продвижения;  
*b* — веерный способ продвижения.

При рассмотрении параллельного продвижения введем ось  $x$ , ориентированную снизу вверх (рис. 1, *a*), причем за начало отсчета выберем центр круга. Текущее положение пропила однозначно определится координатой  $x$  ( $-R \leq x \leq R$ ). Длина пропила равна

$$l_{\pi} = 2\sqrt{R^2 - x^2},$$

скорость продвижения

$$\dot{x} = -\frac{zsv}{L}.$$

Интегрируя это уравнение и считая  $x(0) = R$ , что соответствует начальному положению пропила в стволе, имеем

$$x(t) = R - \frac{zsvt}{L},$$

или, что то же,

$$t(x) = \frac{L}{zsv} (R - x).$$

Подставив в последнее соотношение  $x = -R$  (конечное положение пропила), найдем продолжительность реза при параллельном продвижении

$$T_{\pi} = \frac{2RL}{zsv}. \quad (5)$$



Элементарная работа пиления на приращении  $dx$

$$dA_{\pi} = -2Kb \sqrt{R^2 - x^2} dx,$$

а мгновенная мощность на валу двигателя при параллельном надвигании

$$p_{\pi}(t) = \frac{1}{\eta} \frac{dA_{\pi}}{dt} = \frac{2Kbzsv \sqrt{R^2 - x^2}}{L\eta},$$

где  $\eta$  — КПД механической передачи привода пилы.

Вычисляя числитель подкоренного выражения (3), имеем для параллельного надвигания

$$I'_{\pi} = \int_0^{T'_{\pi}} p_{\pi}^2(t) dt = \frac{16K^2b^2zsvR^3}{3L\eta^2}. \quad (6)$$

При рассмотрении веерного способа надвигания ограничимся сначала случаем, когда точка  $O$ , вокруг которой совершается веерное движение (рис. 1, б), лежит на границе среза. Положение пропила определяется углом  $\varphi$  ( $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ ). Текущая длина пропила при этом равна

$$l_B = 2R \cos \varphi,$$

линейная скорость подачи в точке  $A$

$$u_A = \frac{zsv}{L},$$

угловая скорость пильного аппарата

$$\dot{\varphi} = -\frac{zsv}{2RL \cos \varphi}.$$

Интегрируя это уравнение с начальным условием  $\varphi(0) = \frac{\pi}{2}$  (начальное положение пропила) и подставляя в найденное решение  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$  (конечное положение пропила), получаем продолжительность реза при веерном надвигании:

$$T'_B = \frac{4RL}{zsv}. \quad (7)$$

Различная линейная скорость в разноудаленных от центра поворота точках пропила вызывает снятие стружки неодинаковой толщины.

Введем ось  $x$ , вращающуюся вместе с пропилом (рис. 1, б) вокруг центра  $O$ . Тогда, учитывая, что в точке  $A$  толщина стружки равна  $S$ , в точке с координатой  $x$  толщина стружки определится как

$$s(x) = \frac{sx}{l_B}.$$

Согласно выводам проф. К. А. Зворыкина (см., например, [2]), удельная работа резания с уменьшением толщины стружки увеличивается:

$$K(x) = \left(\frac{l_B}{x}\right)^m K,$$

где  $K(x)$  — удельная работа резания, соответствующая точке пропила с координатой  $x$  ( $0 < x \leq L_B$ );

$m$  — степенной показатель (для поперечного резания  $m \approx 0,33$ ).

Тогда элементарная работа пиления на приращении  $d\varphi$

$$dA_B = -Kb \int_0^{l_B} x \left(\frac{l_B}{x}\right)^m dx d\varphi = -\frac{4KR^2b \cos^2 \varphi}{2-m} d\varphi,$$

а мгновенная мощность на валу двигателя

$$p_B(t) = \frac{1}{\eta} \frac{dA_B}{dt} = \frac{2KbzsvR \cos \varphi}{(2-m)L\eta}.$$

Вычисляем для веерного надвигания значение числителя подкоренного выражения (3):

$$I'_B = \int_0^{r'_B} p_B^2(t) dt = \frac{32K^2b^2zsvR^3}{3(2-m)^2L\eta^2}. \quad (8)$$

Сравнивая результаты расчетов (5) — (8), имеем

$$\Pi'_n = 2\Pi'_B;$$

$$P'_n = (2-m)P'_B.$$

Первое соотношение показывает, что производительность (4) параллельного пиления (при выполнении всех оговоренных предположений) в два раза выше производительности веерного. Средняя квадратичная мощность (3) при параллельном надвигании также больше. Аналитическое исследование веерного надвигания, при котором центр вращения лежит вне контура среза, весьма сложно, однако очевидно, что оно представляет собой промежуточное между параллельным и рассмотренным веерным. Аналогичный вывод может быть сделан и о меньшей, по сравнению с параллельным, производительности надвигания с покачиванием шины в пропиле. Все это подтверждает, что при расчетах мощности приводного двигателя электропилы целесообразно учитывать большую интенсивность параллельного надвигания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пацнора П. П., Руденко Н. Ф. Электропилы для лесозаготовок. М.—Л., Гослесбумиздат, 1958, 320 с. [2]. Ступнев Г. К. Изыскание оптимальных способов надвигания цепных пил многопильных раскряжевочных агрегатов. — «Труды ЦНИИМЭ», 1962, вып. 39, с. 11—28. [3]. Ступнев Г. К. Разработка основ программирования и выявление эффективности различных видов надвигания хлыстов и пильных органов для автоматизированных раскряжевочных агрегатов. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., МЛТИ, 1963, 23 с. [4]. Успенский В. А. Пильные цепи на лесозаготовках. М., «Лесная промышленность», 1967, 78 с. [5]. Чиликин М. Г. Основы автоматизированного электропривода. М., «Энергия», 1974, 568 с.

Поступила 20 мая 1977 г.

УДК 539.376 : 634.0.114.444

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕРЗЛОГО ТОРФА

Н. П. КОВАЛЕНКО, В. С. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приведены данные лабораторных испытаний образцов мерзлого топяного торфа. На основании опытных данных получена нелинейная зависимость относительной деформации от напряжения и определены ее параметры в зависимости от температуры, влажности и времени.

Заболоченность в северных и северо-западных районах страны (БССР, Прибалтика, Ленинградская, Архангельская области и т. д.) составляет 15—25%, достигая иногда 85%. Поэтому при освоении этих районов все чаще используют несущую способность мерзлого слоя болот для устройства временных дорог в строительных, лесозаготовительных и других целях.

Торф представляет собой грунтовую водонасыщенную систему, состоящую из твердых органических частиц, сложного порового раствора и газовой составляющей. Для торфов естественного сложения в единице объема содержится: твердых частиц — 4—12%; газов — 1—7%; влаги — 95—81%. При положительных температурах влага в торфе находится в различных состояниях, определяемых энергией ее связи с твердыми частицами — потенциалом поровой влаги (гравитационной, капиллярной, осмотической и др.). При отрицательных температурах  $T \approx -4^\circ\text{C}$  гравитационная влага в торфе переходит в твердое состояние (лед) и формируются прочные структурные связи между частицами, что в конечном счете приводит к изменению реологических свойств торфяной системы в целом. Другие категории влаги переходят в твердое состояние при более низких температурах (от  $-15$  до  $-40^\circ\text{C}$ ) [2].

Напряженно-деформируемое состояние мерзлого торфа в общем виде можно выразить уравнением [3]

$$\Phi\left(\sigma, \delta, \frac{d\sigma}{dt}, \frac{d\delta}{dt}, T\right) = 0, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — напряжение;  
 $\delta$  — деформация;  
 $T$  — температура;  
 $t$  — время.

Согласно уравнению (1), напряженно-деформируемое состояние зависит от многих факторов, поэтому методикой предусматривается испытание образцов мерзлого торфа при  $\sigma = \text{const}$  и  $T = \text{const}$ . В результате можем получить семейство кривых  $\delta(t)$  при прочих равных условиях.

Испытания мерзлого грунта проводили с образцами торфа нарушенного сложения (табл. 1) на рычажном прессе в холодильной камере. В течение всего опыта измеряли продольную и поперечную деформацию образцов с помощью индикаторов с ценой деления 0,01 мм. Образцы замороженного торфа имели форму цилиндров диаметром 43 мм и высотой 112,5 мм.

Таблица 1

Влажность $W, \%$	Пористость	Льдистость, $\%$	Объемный вес	Удельный вес	Объемный вес скелета	Площадь образца, $\text{см}^2$
			$\text{гс/см}^3$			
250	0,85	25	0,84	1,62	0,24	15,9
300	0,87	25	0,86	1,62	0,22	15,9
350	0,88	32	0,86	1,63	0,19	15,9
400	0,89	35	0,87	1,63	0,18	15,9
450	0,89	40	0,85	1,65	0,16	15,9
500	0,91	46	0,88	1,68	0,15	15,9
600	0,93	50	0,87	1,66	0,14	15,9

Образцы для испытания подготавливали следующим образом. Отбирали грунт из массы торфа определенной влажности, затем торф закладывали в цилиндрические формы и предварительно замораживали в холодильной камере при температуре, соответствующей температуре опыта ( $-8, -17, -25^\circ\text{C}$ ). После замораживания образцы извлекали из форм, торцовые поверхности зачищали ножом. Эти образцы подвергали испытанию на сжатие. Было испытано 162 образца.

Кривые  $\delta(t)$  для образцов мерзлого торфа, полученные при  $T = \text{const}$  и различных значениях  $\sigma$ , представлены на рис. 1. Анализируя полученные кривые  $\delta(t)$ , отмечаем, что исследованные мерзлые торфяные грунты обладают ползучестью. Здесь трудно выделить стадию ползучести, когда  $\frac{d\delta}{dt} \rightarrow 0$ . Даже при незначительных нагрузках  $\frac{d\delta}{dt} \neq 0$ .

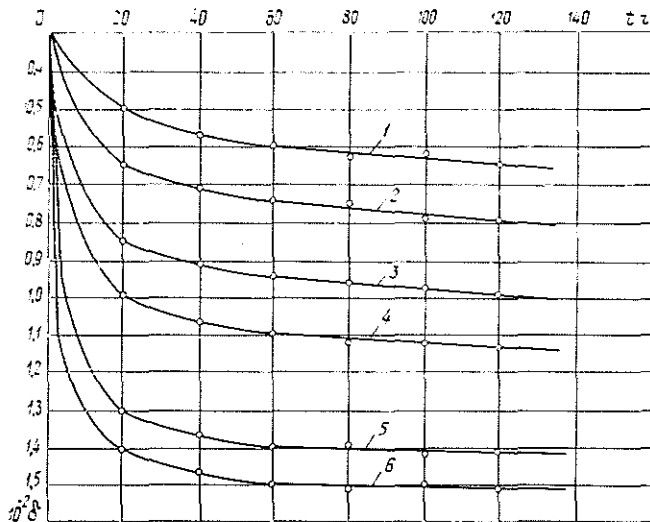


Рис. 1. Зависимость относительной деформации  $\delta$  мерзлого торфяного торфа во времени при различных значениях сжимающего напряжения  $\sigma$  (степень разложения торфа  $R = 35\%$ , льдистость  $\alpha = 45\%$ , температура  $T = -17^\circ\text{C}$ ).

1 —  $\sigma = 1,035$  МПа; 2 —  $\sigma = 1,378$  МПа; 3 —  $\sigma = 2,069$  МПа;  
4 —  $\sigma = 4,138$  МПа; 5 —  $\sigma = 5,517$  МПа; 6 —  $\sigma = 7,241$  МПа.

В диапазоне нагрузок  $0,02 \div 0,7$  МПа деформации развиваются во времени с постоянной скоростью  $C$  [1]:

$$\left| \frac{d\delta}{dt} \right|_{\sigma_i} = |C|_{\sigma_i}; |C|_{\sigma_i} < |C|_{\sigma_{i+1}} \quad (2)$$

Зависимость  $\delta(t)$  имеет нелинейный характер и аппроксимируется прямой в логарифмических координатах  $\ln \sigma$ ,  $\ln \delta$ ; тогда при  $T = \text{const}$  и  $W = \text{const}$  (рис. 2)

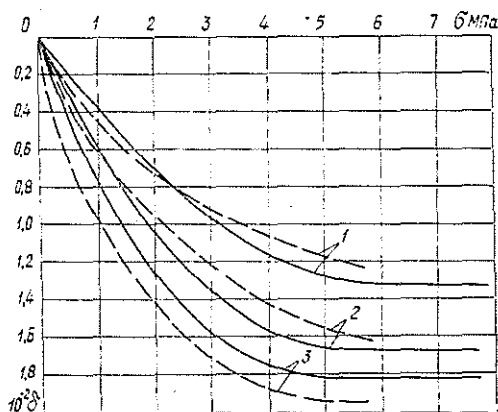
$$\delta = A\sigma^m, \quad (3)$$

где  $A$  — коэффициент деформации,  $\text{МПа}^{-1}$ ;  
 $m$  — степенной коэффициент.

Параметры  $A$  и  $m$  являются основными деформативными характеристиками мерзлых торфов и определяются по зависимости  $\ln \delta$  ( $\ln \sigma$ ).

Рис. 2. Зависимость относительной деформации  $\delta$  мерзлого топяного торфа ( $R = 45\%$ ,  $\alpha = 45\%$ ) от сжимающего напряжения  $\sigma$  ( $T = 17^\circ\text{C}$ ).

Сплошные линии — экспериментальные кривые для моментов времени: 1 — 20 ч; 2 — 40 ч; 3 — 100 ч; пунктирные линии — теоретические кривые, полученные в результате решения уравнения ползучести для тех же моментов времени.



Параметр  $A$  — явно выраженная функция температуры, начальной влажности торфа и времени (табл. 2). В наших опытах значения коэффициента  $A$  находились в пределах  $0,19 \cdot 10^{-3} - 0,54 \cdot 10^{-3} \text{МПа}^{-1}$ . За-

Таблица 2

Температура, °С	Влажность, %	Значения коэффициента деформации $A$ при различных моментах времени, ч						
		4	20	40	60	80	100	120
- 8	300	0,0026	0,0027	0,0029	0,0030	0,0031	0,0032	0,0034
	400	0,0038	0,0040	0,0042	0,0043	0,0044	0,0045	0,0046
	500	0,0041	0,0042	0,0043	0,00435	0,0045	0,0046	0,0047
	600	0,0044	0,0046	0,0047	0,0048	0,0050	0,0052	0,0054
-17	300	0,0023	0,0025	0,0026	0,00265	0,0028	0,0029	0,0030
	400	0,0032	0,0033	0,00335	0,0034	0,0035	0,0039	0,0040
	500	0,0037	0,0038	0,00385	0,0039	0,0040	0,00415	0,0042
	600	0,0040	0,0042	0,0043	0,0044	0,0045	0,0046	0,00465
-25	300	0,0019	0,0020	0,0020	0,0021	0,0022	0,0023	0,0024
	400	0,0029	0,0031	0,0032	0,0034	0,0035	0,0037	0,00375
	500	0,0034	0,0036	0,0037	0,0038	0,0038	0,0041	0,0042
	600	0,0037	0,0038	0,0040	0,0042	0,00425	0,0043	0,00435

висимость коэффициента  $A$  от температуры — линейная. Причем для исследованных образцов прямая меняет наклон при  $T \approx -17^\circ\text{C}$ . Это связано с началом перехода физико-химической влаги в твердое состояние. Зависимость  $A$  от  $T$  можно представить в виде

$$\frac{A_{T_i} - A_{T_{i-1}}}{T_i - T_{i-1}} = -K_1, \quad (4)$$

где  $K_1$  изменяется в пределах от 0,018 до 0,022.

Экспериментальные данные позволяют считать, что коэффициент деформативности  $A$  (при  $W = \text{const}$ ) прямо пропорционален изменению  $T$  грунта в некотором диапазоне температур  $\Delta T = T_i - T_{i-1}$ , где  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$  (4).

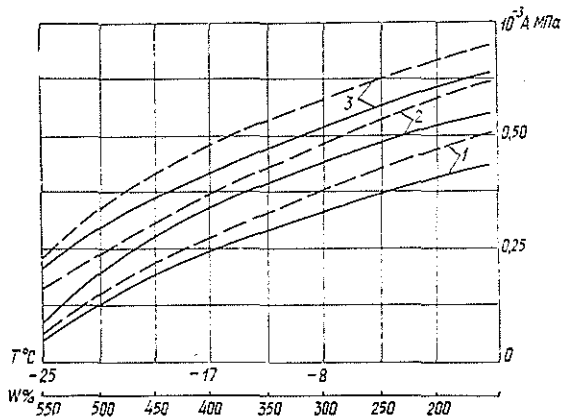


Рис. 3.

Сплошные линии — зависимость коэффициента деформации  $A$  от температуры  $T$  для мерзлого топяного торфа  $R = 35\%$  для моментов времени: 1 — 20 ч; 2 — 60 ч; 3 — 100 ч; пунктирные линии — зависимость коэффициента деформации  $A$  от влажности в те же моменты времени.

Коэффициент  $A$  (при прочих равных условиях) нелинейно зависит от начальной влажности (льдосодержания), как показано на рис. 3 (пунктирные кривые). Эту зависимость можно представить как

$$\frac{A_{W_i} - A_{W_{i-1}}}{W_i - W_{i-1}} = K_2, \quad (4')$$

где  $K_2$  находится в пределах от 0,0088 до 0,0098.

Изменение коэффициента  $A$  при  $T = \text{const}$  в диапазоне влажности  $\Delta W = W_i - W_{i-1}$ , где  $\Delta W = 300\%$ , также может быть получено из выражения (4').

При незначительном изменении влажности можно записать:

$$\frac{dA}{dW} = K_3, \quad (4'')$$

где  $K_3$  находится в диапазоне от 0,0063 до 0,0078.

Коэффициент  $A$  зависит от времени действия нагрузки и температуры [3]:

$$A(t) = \beta t^{-\lambda}, \quad (5)$$

причем

$$\beta = \omega(1 + T)^n.$$

Параметры  $\lambda$ ,  $\omega$  и  $n$  определяются из экспериментальных зависимостей  $A(t)$ ,  $\beta(T)$ . В наших опытах эти параметры составляли:  $\lambda = 0,16$ ,  $n = 1,97$ ,  $\omega = 20,1 \div 25,6$ .

Зависимость  $m$  от температуры, начальной влажности и времени представлена в табл. 3. Значения параметра  $m$  колеблются в пределах

Таблица 3

Температура, °С	Влажность, %	Значения коэффициента $m$ при различных моментах времени, ч						
		4	20	40	60	80	100	120
-8	300	0,23	0,24	0,26	0,265	0,27	0,28	0,285
	400	0,24	0,25	0,27	0,28	0,31	0,32	0,33
	500	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,365
	600	0,36	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45
-17	300	0,39	0,40	0,41	0,42	0,425	0,43	0,44
	400	0,42	0,44	0,46	0,47	0,475	0,48	0,49
	500	0,45	0,455	0,46	0,48	0,49	0,50	0,52
	600	0,53	0,535	0,54	0,55	0,56	0,565	0,57
-25	300	0,47	0,48	0,50	0,505	0,51	0,52	0,53
	400	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57
	500	0,52	0,525	0,53	0,535	0,54	0,55	0,55
	600	0,56	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65	0,66

0,23—0,66. При условии, что  $m \rightarrow 1$ , из уравнения (3) следует модель Гука.

С понижением температуры  $T$  и увеличением влажности  $W$  (льдо-содержания) коэффициент  $m$  возрастает и стремится к единице. Зависимость  $m$  от температуры и влажности можно записать следующим образом:

$$\frac{m_{T_i} - m_{T_{i-1}}}{T_i - T_{i-1}} = -K_4; \quad (6)$$

при  $T < -4^\circ\text{C}$   $K_4 = 0,273 \div 0,549$ ;

$$\frac{m_{W_i} - m_{W_{i-1}}}{W_i - W_{i-1}} = K_5; \quad (6')$$

при  $W > 200\%$   $K_5 = 0,457 \div 0,601$ .

Можно считать, что при  $W = \text{const}$  величина коэффициента  $m$  прямо пропорциональна изменению температуры грунта в диапазоне  $\Delta T \approx 20^\circ\text{C}$  (6). При  $T = \text{const}$  в диапазоне влажности  $W = 300\%$  коэффициент  $m$  определяется выражением (6').

Исходя из сказанного, можно записать уравнение (3) в общем виде:

$$\delta = A(W, T, t) \sigma^{W, T, t}. \quad (7)$$

Если рассматривать некоторый конкретный мерзлый торф, то влажность  $W = \text{const}$  и льдистость  $a = \text{const}$ . В результате получим более простое уравнение:

$$\delta = A(T, t) \sigma^{T, t}. \quad (8)$$

Для расчетов по уравнениям теории наследственной ползучести необходимо определить функцию ползучести  $K(T, t)$ . Но и тогда можно использовать значения параметра  $A(T, t)$ , выразив через него функцию  $K(T, t)$  [3, 4]:

$$K(T, t) = \frac{\lambda t^{\lambda-1}}{\omega (T+1)^\mu}. \quad (9)$$

Используя уравнения наследственной ползучести и произведя необходимые упрощения, можно получить формулу

$$\delta = \omega (T+1)^\mu t^{-\lambda} \sigma^m, \quad (10)$$

которая пригодна для решения задач ползучести при постоянном напряжении. Выражение (10) удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными только при  $T < -20^{\circ}\text{C}$ ,  $\sigma \leq 5,5$  МПа.

График для  $\delta(\sigma)$  на рис. 2 рассчитан по формуле (10) — пунктирная линия.

Таким образом, зависимость между деформацией и напряжением  $\delta(\sigma)$  для мерзлых топяных торфов имеет степенной вид. Параметры этой зависимости определяются температурой, влажностью, дисперсностью торфа.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Березанцев В. Г. Сопротивление грунтов местной нагрузке при отрицательной температуре. Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов. Сб. 1. М., Изд-во АН СССР, 1953. [2]. Бродская А. Г. Сжимаемость мерзлых грунтов. М., Изд-во АН СССР, 1962. [3]. Вялов С. С. и др. Прочность и ползучесть мерзлых грунтов и расчеты ледогрунтовых ограждений. М., Изд-во АН СССР, 1962. [4]. Вялов С. С., Городецкий С. Э. Методика определения характеристик ползучести. М., «Наука», 1966.

Поступила 20 января 1978 г.

УДК 634.0.378.5

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УДАРА ПЛЫВУЩЕГО ПУЧКА БРЕВЕН О СООРУЖЕНИЕ \*

Г. Я. СУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Исследован удар плывущего пучка бревен о сооружение. Получены формулы для определения коэффициентов, характеризующих влияние деформируемости пучка на процесс удара. Приведены значения коэффициентов, полученных в результате натуральных исследований. Результаты исследований рекомендуются для использования при расчете сооружений, взаимодействующих с плывущими пучками.

Значительные затраты тяжелого ручного труда на лесосплавных рейдах характерны для сортировочно-формировочных работ. Для механизации этих работ предназначены поточные линии по формированию плотов [1], в которых пучки сортируются в дворники-накопители, а затем машиной для формирования плотов устанавливаются в секцию. Сортировка, выравнивание перекосов плывущих пучков, а также их остановка в дворниках-накопителях и в формировочной машине при ее наполнении связаны с ударными нагрузками, возникающими при взаимодействии пучка с элементами поточной линии [5, 7]. При ударе пучок бревен чаще всего взаимодействует с вертикальными стойками, установленными на поперечном мосту, перекинутом через дворник-накопитель, который образован двумя понтонами. В дальнейшем для краткости будем говорить об ударе пучка о сооружение.

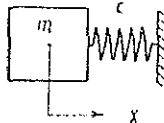


Рис. 1. Расчетная схема удара плывущего пучка бревен о сооружение.

Пучок бревен — деформируемое тело. Влияние его деформируемости на величину и продолжительность действия силы удара о сооружение и явилось предметом натуральных исследований, результаты которых излагаются в данной статье.

\* Работа выполнена под руководством проф. К. А. Чекалкина.



Из теории удара [3] известно, что при исследовании ударных процессов целесообразна замена деформируемого тела упрощенной моделью, которая представляет собой комбинацию абсолютно твердого тела массой  $m$  и деформируемого элемента с коэффициентом жесткости  $c$  (рис. 1).

В первой фазе удара плавущего по течению пучка о сооружение скорость движения пучка относительно сооружения уменьшается до нуля. При этом скорость обтекания пучка потоком возрастает до скорости течения, поэтому с ростом инерционных сил растут и силы влечения пучка потоком. Тогда, согласно [6], максимальная сила удара плавущего пучка о сооружение

$$F = c \frac{v_1}{P} + R, \quad (1)$$

где  $c$  — коэффициент приведенной жесткости,

$$c = K_c c_0, \quad (2)$$

здесь  $K_c$  — опытный коэффициент;  
 $c_0$  — коэффициент жесткости запорных стоек;  
 $P$  — угловая частота колебаний,

$$P = \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad (3)$$

здесь  $m$  — действующая расчетная масса, которая состоит из приведенной массы запорных стоек  $m_0$  и приведенной массы пучка бревен  $m_1$ ,

$$m = m_0 + m_1. \quad (4)$$

Согласно [6],

$$m_0 = \frac{33}{140} \frac{G}{g} n, \quad (5)$$

где  $G$  — вес рабочей длины запорной стойки;  
 $n$  — количество стоек.

Приведенная масса пучка

$$m_1 = \alpha m_n, \quad (6)$$

где  $\alpha$  — опытный коэффициент;  
 $m_n$  — действующая масса пучка; согласно [4],

$$m_n = \frac{m_{др}}{\eta} (1 + \mu), \quad (7)$$

здесь  $m_{др}$  — масса древесины пучка;  
 $\eta$  — коэффициент полндревесности пучка;  
 $\mu$  — коэффициент присоединенной массы.

Далее в выражении (1)  $R$  — максимальная сила влечения пучка потоком;

$v_1$  — начальная скорость движения действующей расчетной массы.

Для того чтобы определить  $v_1$ , запишем закон сохранения энергии в виде

$$\frac{m_n v_p^2}{2} = \frac{c x^2}{2} + \Delta W + \frac{c_k x_k^2}{2}, \quad (8)$$

где  $v_p$  — скорость подхода пучка к сооружению;  
 $x$  — максимальное перемещение действующей расчетной массы

$$x = \frac{F}{c}; \quad (9)$$

$\Delta W$  — потеря энергии при деформации пучка;  
 $c_k$  — коэффициент жесткости крепления сооружения в русле реки;  
 $x_k$  — максимальное перемещение сооружения.

Запишем выражение для определения кинетической энергии пучка относительно сооружения

$$W = \frac{m_n v_1^2}{2}. \quad (10)$$

Иначе можно записать

$$W = \frac{cx^2}{2} + \Delta W. \quad (11)$$

Перепишем уравнение (8) с учетом (10) и (11):

$$\frac{m_n v_p^2}{2} = \frac{m_n v_1^2}{2} + \frac{c_k x_k^2}{2}, \quad (12)$$

отсюда

$$v_1 = \sqrt{\frac{m_n v_p^2 - c_k x_k^2}{m_n}}. \quad (13)$$

При расчете следует принимать во внимание только положительное значение  $v_1$ .

Для оценки ударного импульса, действующего на сооружение, необходимо знать не только максимальную силу удара, но и продолжительность роста силы удара  $t_1$ .

Согласно [6],

$$t_1 = \frac{\pi}{2P}. \quad (14)$$

Используя выражение (1), (2), (13) и (14), получим формулу для определения коэффициента  $K_c$ :

$$K_c = \frac{\pi (F - R)}{2t_1 c_0} \sqrt{\frac{m_n}{m_n v_p^2 - c_k x_k^2}}, \quad (15)$$

а из выражений (1), (3), (4), (6), (13) и (14) — формулу для определения коэффициента  $\alpha$ :

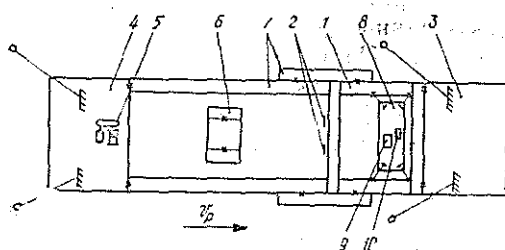
$$\alpha = \frac{2(F - R)t_1}{\pi \sqrt{m_n (x_n v_p^2 - c_k x_k^2)}} \frac{m_0}{m_n}. \quad (16)$$

Коэффициенты  $K_c$  и  $\alpha$  учитывают совокупное влияние деформируемости пучка на процесс удара. В этом нетрудно убедиться, рассматривая уравнения (1) и (14) с учетом (2) — (4) и (6).

Для определения коэффициентов  $K_c$  и  $\alpha$  были проведены опыты\* с натурными пучками на Бобровском сортпировочно-сплоточном рейде, расположенном в зоне ливов Белого моря. В качестве наплавного сооружения, о которое ударялся пучок, был использован размолевочный станок РПС-2 конструкции СевНИИП. Один из мостов

\* В экспериментах принимали участие доц., к.т.н. В. Я. Харитонов и студенты В. С. Симонов, В. В. Попов.

Рис. 2. Схема размещения оборудования при проведении натуральных исследований.



станка усилили, и на нем закрепили две консольные вертикальные стойки. Размолочный станок 1 (рис. 2) с вертикальными стойками 2 крепили к наплавной опоре 3, установленной в русле реки на донных опорах. Выше по течению на расстоянии 50 м от РПС-2 закрепили вторую опору 4, на которой установили электрическую лебедку 5 для продвижения пучка 6 против течения. Бонами 7 соединили РПС-2 с наплавной опорой 4. При проведении опытов пучок перемещали лебедкой 5 до наплавной опоры 4, освобождали, и он течением перемещался вниз по коридору, причем продольную ось его устанавливали нормально к направлению течения. В результате происходил прямой центральный удар пучка по стойкам. При отсутствии течения пучок разгоняли электрической лебедкой 9, установленной на наплавной опоре 8. Скорость подхода пучка изменялась от 0,1 до 0,7 м/с, что достигалось проведением опытов при различных скоростях течения, а также сменой тяговых барабанов лебедки 9. После опыта выполняли тарировку стоек. Для этого использовали барабан с редуктором от лебедки МЛ-2000М, оснащенный ручным приводом 10, и динамометр ДПУ-3. В качестве регистрирующей аппаратуры использовали осциллограф Н-700 и усилитель ТА-5. На осциллограмме регистрировали отметки времени через 0,005 с и изменение деформации стоек. Для этого на стойки наклеивали тензодатчики сопротивления. Кроме этого, регистрировали отметки пути, проходимого пучком, через 0,047 м при помощи механического контактного устройства, которое устанавливали на наплавной опоре 4 и соединяли с пучком кордовой нитью. При проведении опытов скорость протяжки осциллограммы равнялась 0,16 м/с. Опыты проводили с пятью пучками из еловых и сосновых сортиментов длиной 4,0 и 6,5 м. Соотношение осей пучков варьировали от 2,0 до 3,1, а массу древесины пучка от  $7,6 \cdot 10^3$  до  $22,0 \cdot 10^3$  кг. Объем древесины определяли по данным поштучного обмера, а массу — поштучным взвешиванием бревен пучка. Для этого использовали динамометр ДПУ-0,5 и поворотный электрический кран грузоподъемностью 10 кН такелажницы Т-129. Всего было проведено 133 опыта.

В результате обработки осциллограмм получали максимальную силу удара  $F$ , продолжительность первой фазы удара  $t_1$  и скорость подхода пучка к сооружению  $v_p$ . По формуле (14) находили угловую частоту колебаний  $P$ . По значению  $P$ , используя данные экспериментальных исследований [4], определяли действующую массу пучка бревен. Коэффициент жесткости запорных стоек устанавливали тарировкой, он изменялся от  $2,5 \cdot 10^5$  до  $6,0 \cdot 10^5$  Н/м. Коэффициент жесткости крепления сооружения определяли по  $F$  и  $x_k$ ; последнюю величину — по перемещению РПС-2 относительно неподвижного створа (при этом использовали волномер ГМ-12). Приведенную массу запорных стоек находили по формуле (5), она равнялась  $m_0 = 10$  кг. Далее по формулам (15) и (16) вычисляли коэффициенты  $K_c$  и  $\alpha$ . При этом величиной  $R$  пренебрегали, так как опыты показали, что значение  $R$  не превышает 2% от  $F$ . В результате обработки опытов получили, что данные коэффициенты практически постоянны для пучков как из еловых бревен, так и из сосновых. В табл. 1 приведены их значения.

Таблица 1

Тип пучка	$K_c$	$\alpha$	$\sqrt{K_c \alpha}$	$\sqrt{\frac{K_c}{\alpha}}$	$\rho$
Из еловых бревен	0,328	0,517	0,412	0,796	0,356
Из сосновых бревен	0,203	0,436	0,298	0,683	0,214

Коэффициент вариации опытных величин  $K_c$  и  $\alpha$  в основном колеблется в пределах  $v = 25 \div 30\%$ , а показатель точности  $\varepsilon = 3,5 \div 5,0\%$ , за исключением величины  $K_c$  для пучков из сосновых бревен, для которой коэффициент вариации и показатель точности соответственно равны 45,4 и 8,1%.

Из таблицы видно, что пучок из еловых бревен обладает большей жесткостью, чем пучок из сосновых бревен. Это закономерно, так как коэффициент сопротивления скользянию ели по ели больше, чем сосны по сосне [2]. Естественно, что пучок, обладающий большей жесткостью, имеет и большую приведенную массу. Это нашло отражение в значениях коэффициента  $\alpha$ .

В таблице приведены также значения корня квадратного из произведения коэффициентов  $K_c$  и  $\alpha$  и из отношения  $K_c$  к  $\alpha$ . Первая величина характеризует влияние деформируемости пучка на амплитудное значение силы удара, вторая — на угловую частоту колебаний. В этом нетрудно убедиться, подставив выражения (2) — (4), (6) в (1). Отметим, что коэффициент вариации максимальной силы удара для пучков из еловых бревен составил 22,5% при показателе точности 2,8%, а для пучков из сосновых бревен — соответственно 30,2 и 5,4%.

В таблице приведены также значения коэффициента  $\beta$ , вычисленного по методике Д. М. Шварца [8]. Этот коэффициент равен отношению приведенного веса к весу древесины пучка и определяется исходя из амплитудного значения колебаний и коэффициента жесткости стоек. При вибрировании пачек бревен [8] получено значение  $\alpha = 0,344$ , что практически совпадает с значением, полученным нами для пучков из еловых бревен. В силу отмеченных причин пучок из сосновых бревен имеет меньшее значение коэффициента  $\beta$ .

Результаты исследований могут быть использованы при расчете устройств, предназначенных для выполнения сортировочно-формировочных операций с плавающими пучками бревен на лесосплавных рейдах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Апанасенко И. С. Механизированная поточная линия сортировки пучков и формирования плотов. — «Лесозаготовка и лесосплав». Реф. информ. 1967, № 30, с. 13—16 (ЦНИИТЭИлеспром). [2]. Грубов С. И. Средние значения коэффициентов сопротивления покоя перед скольжением и качением неокоренных свежесрубленных бревен по различным материалам. — «Лесная промышленность», 1964, № 6, с. 32. [3]. Паповко Я. Г. Введение в теорию механического удара. М., «Наука», 1977, с. 224. [4]. Суров Г. Я. Присоединенные массы плавающего пучка бревен при его ударе о сооружение. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 2, с. 69—73. [5]. Суров Г. Я., Чекалкин К. А. Устройство для остановки плывущих пучков бревен на сплавных рейдах. Авт. свид. № 569515. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1977, № 31, с. 53. [6]. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М., Госфизматиздат, 1959, с. 439. [7]. Чекалкин К. А., Хазов Е. В., Барабанов В. А., Суров Г. Я. Механизм для выравнивания перекосов плывущих пучков бревен. Авт. свид. № 543598. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1977, № 3, с. 59. [8]. Шварц Д. М. Исследование эффекта вибраций при сплотке озерных пучков. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1966, с. 18.

Поступила 21 февраля 1978 г.

УДК 532.5 : 634.0.378

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПЛОСКИМИ ВОЗБУЖДЕННЫМИ ПОТОКАМИ

В. Н. ИСАЕВА

Марийский политехнический институт

Определена рабочая длина возбужденного плоской гидравлической струей потока в целях использования полученного уравнения при расчетах по перемещению лесоматериалов внутри сортировочных устройств лесосплавных рейдов, работающих на подпоре.

Внутри сортировочных сооружений на тиховодных рейдах лесоматериалы перемещаются поперечной щетью по главным и коллекторным коридорам.

Имеющийся производственный опыт и экспериментальные данные позволяют из множества вариантов выделить как наиболее эффективный вариант перемещения лесоматериалов плоским возбужденным потоком.

Расстояние, на которое могут переместиться лесоматериалы, определится после решения задачи о длине возбужденного струей потока  $l_p$ .

Начальный участок характеризуется значительными скоростями течения (свыше 7 м/с), поэтому его нельзя использовать для транспортных целей без известного риска. Длину потока, которая может быть эффективно использована при перемещении лесоматериалов, рассчитывают по формуле

$$l_{p, \text{эф}} = l_p - (13 \div 15) d_0,$$

где  $(13 \div 15) d_0$  — длина начального участка потока ( $d_0$  — диаметр окружности, эквивалентной площади щели).

Рассмотрим общее решение задачи. Предполагая, что границы рассматриваемого потока — прямые линии, давление на основном участке постоянно, и допуская, что проекция вектора количества движения в любом сечении потока на его ось сохраняет постоянное значение, а также пренебрегая силами внутреннего трения, как это уже неоднократно делали другие авторы [1—3] (в предположении, что жидкость идеальная), воспользуемся уравнением потока с переменным расходом по его длине:

$$\frac{1}{2g} \int \frac{1-m}{w^2} d(Q)^2 + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + h_f = \text{const}, \quad (1)$$

где  $Q$  — расход, изменяющийся по длине;  
 $w$  — площадь живого сечения потока;  
 $v$  — средняя скорость в сечениях потока;  
 $P$  — гидродинамическое давление в центре тяжести сечений потока;  
 $m$  — масса потока жидкости, присоединяемой в процессе растекания;

$h_f$  — высота «потерь» на трение;  
 $g$  — ускорение силы тяжести.

Запишем уравнение (1) в дифференциальном виде

$$\frac{1-m}{g\omega} v dQ + \frac{Qdv}{g\omega} = 0. \quad (2)$$

Интегрируя уравнение (2), получим

$$vQ^{1-m} = \text{const}. \quad (3)$$

Мы исходим из того, что на основном участке по боковым поверхностям струи отделения масс жидкости не происходит, а присоединение жидких частиц из окружающего струю пространства (заполненного жидкостью тех же физических свойств) в каждом ее сечении остается постоянным. Таким образом, масса струи в течение времени  $t$  остается постоянной, т. е.  $m = \text{const}$ , а отделение масс жидкости  $m = 0$ .

Присоединенные массы жидкости удаляются в окружающее пространство в конце струи через ее «конечное торцевое» сечение.

Исходя из сказанного, перепишем условие (3):

$$vQ = \text{const}. \quad (4)$$

Следовательно, секундное количество движения в потоке постоянно. Составим уравнение динамического равновесия для достаточно малого элемента возбужденного потока, имеющего полуэллиптическую форму (рис. 1), с площадью поперечного сечения  $\omega$ . Масса выделенного в потоке элемента равна  $\frac{\gamma}{g} \omega \Delta l_p$ .

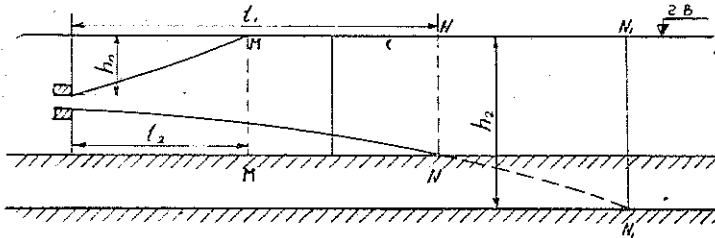


Рис. 1.

Приближенно принимаем, что трение при смешивании жидкости струи и окружающей среды пропорционально площади пограничной поверхности потока и квадрату его средней скорости, т. е. имеет структуру сил трения турбулентного потока.

Запишем уравнение динамического равновесия для выделенного в потоке элемента:

$$\frac{\gamma}{g} \omega \Delta l_p \frac{dv}{dt} - \frac{\partial P}{\partial l_p} \Delta l_p \omega - f \gamma \chi \frac{v^2}{2g} \Delta l_p = 0, \quad (5)$$

где  $f$  — удельное сопротивление;

$\chi$  — смоченный периметр,  $\chi = \sqrt{6\pi\omega}$ .

Нами было принято условие о постоянстве давления на основном участке, т. е.  $\frac{\partial P}{\partial l_p} = 0$ . Уравнение (5), если заменить в нем скорость

через  $\frac{\partial l_p}{\partial t}$ , примет вид:

$$\omega \frac{dv}{dt} + f \sqrt{6\pi\omega} \frac{v}{2} \frac{dl_p}{dt} = 0; \quad (6)$$

$$\frac{dv}{v} + f \frac{\sqrt{6\pi w}}{2w} dl_p = 0. \quad (7)$$

В уравнении (4) заменим  $Q = v\omega$  и получим

$$v^2 \omega = C. \quad (8)$$

Из начальных условий находим

$$C = v_0^2 \omega_0, \quad (9)$$

где  $v_0$  — начальная скорость истечения жидкости из щели;

$\omega_0$  — площадь выходной щели,  $\omega_0 = ab$ ;

$a$  — высота щели;

$b$  — ширина щели.

$$C = v_0^2 ab, \quad (10)$$

тогда

$$v^2 \omega = abv_0^2;$$

$$\omega = ab \left( \frac{v_0}{v} \right)^2. \quad (11)$$

Подставим (11) в (7) и запишем

$$\frac{dv}{v} + f \frac{\sqrt{6\pi}}{2} \frac{v dl_p}{\sqrt{ab} v_0} = 0. \quad (12)$$

Принимаем удельное сопротивление постоянным, т. е.  $f = \text{const}$ , и интегрируем дифференциальное уравнение (12) в пределах от 0 до  $l_p$  и от  $v_0$  до  $v$ :

$$l_p = \frac{0,46 \sqrt{ab}}{f} \left( \frac{v_0}{v} - 1 \right). \quad (13)$$

Обозначив в (13)  $\frac{0,46 \sqrt{ab}}{f} = k_n$ , получим,

$$l_p = k_n \left( \frac{v_0}{v} - 1 \right). \quad (14)$$

Предположим, что в формуле (14)  $v$  — средняя скорость для струйки, выделенной около оси всего возбужденного потока с очень малым живым сечением. Она очень близка по величине к осевой скорости  $v_l$  ( $v = v_l$ ), и зависимость (14) запишется так:

$$l_p = k_n \left( \frac{v_0}{v_l} - 1 \right). \quad (15)$$

Экспериментами было подтверждено, что средняя скорость по живому сечению действительно близка к осевой. Введем коэффициент  $k_l$ , который учитывает переход от средних скоростей к осевым всего возбужденного струей потока.

Обозначим  $k_n k_l = k$  и подставим в (15):

$$l_p = k \left( \frac{v_0}{v_l} - 1 \right). \quad (16)$$

Эффективную рабочую длину возбужденного струей потока представим в виде

$$l_{p.эф} = k \left( \frac{v_0}{v_l} - 1 \right) - (14,7 \div 16,95) \sqrt{ab}. \quad (17)$$

Таблица 1

Высота щели <i>a</i>	Ширина щели <i>b</i>	Глубина водоема <i>h</i>	Подтопленные щели под уровень воды <i>h<sub>п</sub></i>	Коэффициент <i>k</i> при ширине водоема <i>B</i> , см								
				200			150			70		
				и скорости в сечении выходной щели <i>v<sub>с</sub></i> , м/с								
см				4,85	3,40	2,09	4,85	3,40	2,09	4,85	3,40	2,09
0,1	5	0,30	0,0	0,12	0,13	0,16	0,13	0,15	0,18	—	—	—
0,1	5	0,30	0,4	0,11	0,12	0,15	0,12	0,14	—	0,14	0,15	0,17
0,1	5	0,30	0,6	0,10	0,11	0,13	0,11	0,13	—	—	—	—
0,1	5	0,20	0,0	0,115	0,13	0,156	0,13	0,148	0,18	—	—	—

Значения коэффициента *k* получены из опытов и приведены в табл. 1. Для него характерны следующие особенности.

1. С уменьшением глубины водоема при постоянной скорости истечения коэффициент *k* имеет тенденцию к уменьшению.

2. С уменьшением ширины водоема при постоянной скорости истечения коэффициент *k* несущественно увеличивается.

3. С повышением скорости истечения вне зависимости от ширины, глубины, подтоплений струеобразующей щели (в пределах исследованных величин) коэффициент *k* уменьшается.

4. При увеличении ширины и высоты щели коэффициент *k* заметно возрастает при всех прочих постоянных величинах.

Дальность перемещения лесоматериалов, установленных в поперечную щель плоским возбужденным потоком, может быть определена по формуле (17) для  $l_{p, \text{эф}}$ . Такое определение дальности перемещения лесоматериалов правомерно потому, что скорость движения лесоматериалов в плоском потоке очень близка к скорости самого потока.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дмитриев Ю. Я., Новоселов Ю. М., Полянин А. Я. Гидравлические импульсные струи на лесосплаве. М., «Лесная промышленность», 1974. 103 с. с ил.  
 [2]. Коновалов В. М. Свободные турбулентные струи жидкости. — «Труды ЛИИВТ», 1947, вып. 14. [3]. Петров Г. А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. М.—Л., Стройиздат, 1951, 200 с. с ил.

Поступила 16 января 1978 г.

УДК 634.0.38

## ВЫБОР УСЛОВИЙ И ОБЪЕМА РАБОТ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Ю. И. СТАХЕЕВ, С. Н. ОРЛОВСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Постоянство динамики условий работы лесохозяйственных агрегатов дает возможность получить необходимые данные при испытании агрегата на одной модельной вырубке. Обоснована необходимая суммарная длина гона. Диапазон нагрузок устанавливается при испытании агрегатов в двух крайних по жесткости условиях.

Оценка лесохозяйственных тракторных агрегатов основывается на анализе ряда параметров и показателей, характеризующих как тракторные агрегаты, так и условия, в которых они работают. Для каждой совокупности конкретных условий существует некоторая со-



вокупность оптимальных значений параметров и показателей. Для выбора оптимальных технических параметров тракторов необходимо иметь статистическую информацию, отражающую все разнообразие условий, в которых предполагается использовать разрабатываемые или испытываемые тракторы. В задачу статьи входит обоснование выбора условий и объема работ для проведения испытаний лесохозяйственных агрегатов в целях определения вероятных оптимальных технических параметров тяговых средств.

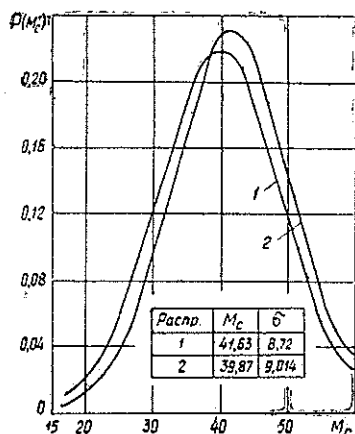
Испытания различных лесохозяйственных агрегатов были проведены в 1970—1974 гг. в Красноярском крае. Выбирали вырубку с различными почвенно-грунтовыми характеристиками, составом вырубленного древостоя, количеством пней и их диаметром, давностью рубки, степенью задернения, наличием естественного возобновления и захламливаемостью. Верхний предел жесткости условий для работы агрегата определенного состава устанавливали экспериментально по пределу получения приемлемого качества работы. За нижний предел принимали вырубку с разложившейся корневой системой деревьев и без валежника. Лесокультурные площади с промежуточными характеристиками подбирали по принципу постепенного нарастания жесткости условий по приведенным выше факторам. При испытаниях регистрировали параметры, необходимые для решения задач внешней динамики агрегатов. Изменения момента сопротивления на коленчатом валу  $M_c$  учитывали с длительностью  $\tau \geq 0,5$  с, так как его изменения с меньшей длительностью малоэнергоёмки [3]. При изменениях нагрузки с  $\tau \geq 0,5$  с промежуточные инерционные массы и упругость элементов трансмиссии не влияют на формирование нагрузки на коленчатом валу. Поэтому для анализа переходных процессов двигателя использована одномассовая эквивалентная схема [1].

Анализ большого экспериментального материала показал, что коэффициент вариации рядов распределения  $M_c$  лежит в пределах 24—44%. Необходимая длина гона для получения ряда распределения  $M_c$  с допустимой ошибкой 0,05 и вероятностью 0,95, а также набора представительного ряда для характеристики условий данной вырубке составляет 120—150 м.

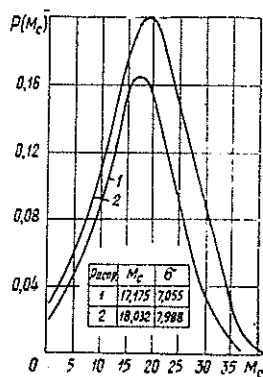
Ряды распределения  $M_c$  при достаточных длинах гона для характеристики условий данной вырубке при работе на одной передаче статистически подобны [2]. Их статистики различаются незначительно, до 10—15% (рис. 1, а, б). Они дают представление о постоянной составляющей  $M_c$  и мере его изменчивости. Для анализа переменной составляющей  $M_c$  на осциллограммах были выделены участки с увеличенным значением  $M_c$  относительно среднего значения  $M_{c\text{ ср}}$  (постоянной составляющей). Эти участки характеризовались коэффициентом динамич-

Рис. 1. Кривые распределения  $M_c$ , полученные при работе тракторов в одинаковых условиях на одной передаче.

а — ТТ-4 с плугом ПЛШ-1,2; б — ЛХТ-55 с плугом ПКЛ-70.

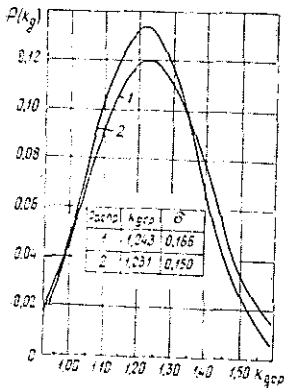


а



б

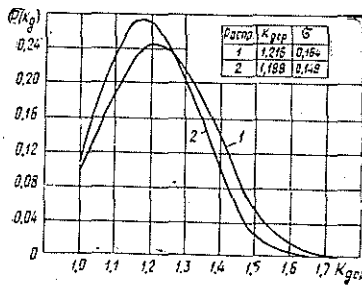
ности  $K_{д\max}$  или  $K_{д\text{ср}}$  (отношение максимального значения момента сопротивления  $M_{с\max}$  или его среднего значения  $M_{с\text{ср}\max}$  на участке увеличения нагрузки к  $M_{с\text{ср}}$ ) и длительностью  $\tau$ . Коэффициент вариации  $K_{д\max}$  и  $K_{д\text{ср}}$  при подготовке почвы различными орудиями, как одной из энергоемких операций, лежит в пределах 18—29% и 8—16%, а для  $\tau$  он равен 75—95%.



а

Рис. 2. Кривые распределения  $K_{д\text{ср}}$ , полученные при работе тракторов в разных условиях.

а — ТТ-4 с клином КПР-2,5; б — ЛХТ-55 с плугом ПКЛ-70.



б

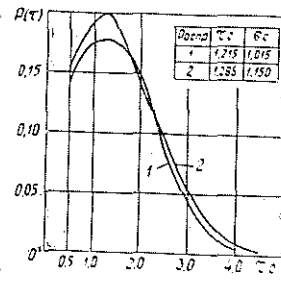


Рис. 3. Кривые распределения  $\tau$ , полученные при работе трактора ЛХТ-55 в разных условиях.

Сравнение статистик рядов распределения  $K_{д}$  и  $\tau$ , полученных при работе определенного лесовосстановительного агрегата в различных условиях вырубок, показывает, что эти ряды статистически подобны. На рис. 2 а, б и 3 приведены ряды распределения  $K_{д\text{ср}}$  и  $\tau$ , полученные при работе тракторов ТТ-4 и ЛХТ-55 на лесовосстановительных работах в разных условиях. Из сказанного следует, что динамика условий, выраженная через коэффициент динамичности  $K_{д}$  и длительность  $\tau$ , при производстве агрегатом одного вида работы постоянна для всего разнообразия условий, т. е. пропорционально максимальным значениям указанных величин изменяются и их средние значения. Иными словами, пропорционально энергоемкости временных нагрузок изменяется и среднее значение нагрузки.

Поэтому для получения характеристики динамики условий достаточно провести испытания агрегата на одной модельной вырубке со средними показателями факторов. Такие вырубki следует выбирать в соответствии с назначением лесохозяйственных машин и орудий. Характеристика динамики условий (определяемая  $K_{д}$  и  $\tau$ , а также их корреляционными связями) будет верна и для других разных по жесткости условий при оценке агрегата.

Суммарную длину гонов при испытании агрегатов находят по формуле

$$S_{\Sigma} = KV_{p} \tau_{\text{ср}} n_{yч},$$

где  $S_{\Sigma}$  — суммарная длина мерных гонов;

$K$  — коэффициент, учитывающий отношение общего времени движения по мерному гону в рабочем режиме к времени работы с увеличенной нагрузкой;  $K = 8 \div 10$ ;

$V_p$  — рабочая скорость движения агрегата;

$\tau_{ср}$  — средняя длительность увеличения нагрузки;  $\tau = 1,1 \div 1,3$  с;

$n_{уч}$  — количество участков с увеличенной нагрузкой, достаточное для характеристики динамики условий работы.

Время работы агрегатов с длительным увеличением нагрузки, вызывающим существенные изменения режима работ двигателя, в 8—10 раз меньше общего времени движения. Количество участков  $n_{уч}$  при ошибке рядов распределения  $K_d$  и  $\tau$  до 0,05 с вероятностью 95% равно 130—150. Среднее значение  $\tau$  при работе агрегатов на вырубках с рабочей скоростью  $V_p$  до 4,6 км/ч находится в пределах 1,1—1,3 с. Суммарная длина мерных гонов  $S_x$  составляет 1500—2000 м. Следует отметить, что  $S_x$  может быть получена при испытании агрегатов в разных лесорастительных условиях. В этом случае характеристика динамики будет получена путем сведения рядов распределения  $K_d$  и  $\tau$  по отдельным участкам в общие ряды. При испытаниях загрузки двигателя должна позволять, как правило, безостановочное движение агрегата по вырубке. Предельно возможные значения коэффициента загрузки двигателя по моменту  $K_{з доп}$  для тракторов марок ТДТ-40М, ЛХТ-55, ТДТ-75 и ТТ-4 при работе с лесохозяйственными машинами весьма стабильны и составляют  $0,8^{+0,05}$ . Стабильность  $K_{з доп}$  объясняется постоянством динамики условий и динамическими свойствами указанных тракторов. Оптимальные значения  $K_z$  лежат в пределах 0,7—0,8 [3], при которых и следует проводить испытания. Для лесокультурных площадей, отличных от модельной вырубке по жесткости условий, определяют  $M_{ср}$  и рабочую скорость  $V_p$ . Причем для установления рационального диапазона использования мощности двигателя достаточно определить эти величины для двух крайних по жесткости условий. Анализ переходных процессов двигателя при неустановившейся нагрузке, проводимый на основании уравнения движения агрегата, а также экспериментальных данных, полученных при предельных перегрузках двигателя, позволяет выявить переменную составляющую его энергетики [3].

Сравнение амплитудно-временных характеристик переменных составляющих энергоемкости среды и энергетики двигателя, а также анализ показателей параметров тракторов, включая их массу, дают возможность перейти к получению зависимостей для оптимизации параметров тракторов, предназначенных для работы в определенных условиях. Необходимое число типов тяговых средств с учетом, что каждый тип работает с некоторым диапазоном использования мощности двигателя, определяется методом минимизации суммарных затрат на их разработку, производство и эксплуатацию.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Давыдов Б. Л., Скородумов Б. А. Статика и динамика машин. М., «Машиностроение», 1967. [2]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики. М., «Наука», 1969. [3]. Стахеев Ю. И. Энергетические качества лесохозяйственных тракторов. — «Тракторы и сельхозмашины», 1973, № 9.

Поступила 10 марта 1975 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ПРИ РАЗДЕЛКЕ ПНЕЙ НА ОСМОЛ  
МЕТОДОМ БЕЗОПИЛОЧНОГО РЕЗАНИЯ

В. Г. КОЧЕГАРОВ, К. А. БЕЛЯЕВ

Ленинградская лесотехническая академия  
КарНИИЛП

Изложена методика определения максимального усилия резания при разделке пней на осмол. Приведен пример вычисления усилия по номограмме.

Безопилочное резание древесины применяют на валке деревьев, очистке их от сучьев и раскряжевке хлыстов при заготовке балансов. Изучению процессов срезания сучьев и перерезания стволов посвящено большое количество работ. Однако полученные при этом теоретические положения и экспериментальные данные нельзя использовать для расчета сил, возникающих при разделке пней на осмол, так как в этом случае мы имеем дело с другими физико-механическими свойствами древесины и размерными характеристиками образцов, процесс резания происходит при других условиях и принципиально отличной конструкции режущих устройств.

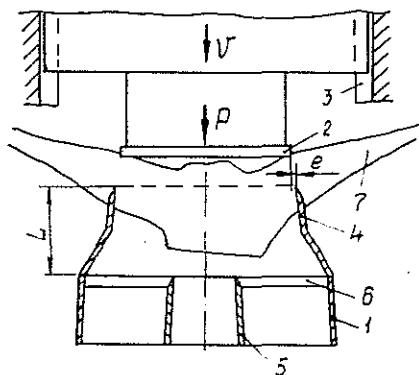


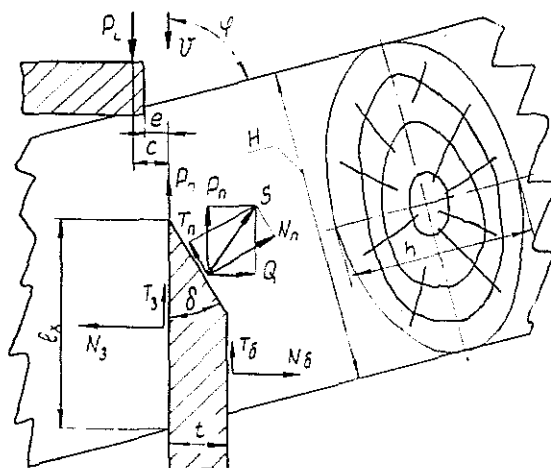
Рис. 1.

На рис. 1 представлена общая схема разделки пня за один прием в устройстве КарНИИЛПа. Пень помещают в пространство между ножевой головкой 1 и нажимной плитой 2, перемещаемой в направляющих рамы 3. При движении нажимной плиты контурным ножом 4 вначале обрезаются боковые корни, а затем с помощью внутренних ножей 5, 6 центральная часть пня разрезается на куски. При этом плита заходит внутрь ножевой головки, поэтому ее диаметр меньше диаметра контурного ножа на величину технологического зазора  $e$ . Расстояние  $L$  между режущими кромками контурного ножа 4 и внут-

ренних радиальных ножей 6 выбирают таким, чтобы обрезка боковых корней и разделка ядра пня были смещены во времени.

Поскольку при перерезании боковых корней имеет место преимущественно резание в торец, а при разделке ядра пня преобладает резание вдоль волокон, то можно предположить, что максимальное сопротивление перемещению плиты в процессе резания крупных пней возникает при перерезании боковых корней. Предварительные опыты подтвердили это предположение. Учитывая вышесказанное, аналитический расчет максимальной силы, прикладываемой к плите, выполняли исходя из сопротивления перерезанию боковых корней. Прежде чем перейти к определению суммарной силы разделки пня, проведем анализ

Рис. 2.



сил, действующих на нож при перерезании единичного корня. На рис. 2 показана схема сил, действующих на древесину при перерезании корня. Из этого рисунка видно, что перерезание осуществляется по принципу ножниц, т. е. нож и плита, играющая роль контрножа, находятся по разные стороны от плоскости резания. Этим процесс существенно отличается от резания стволовой древесины на опоре.

Вывод аналитических зависимостей для определения сил резания выполнен с использованием взаимосвязи физико-механических свойств древесины и показателей процесса резания, охватывающих параметры ножа, размеры и конфигурацию среза, взаимное расположение ножа и нажимной плиты. Формула для определения силы резания при перерезании  $i$ -того корня имеет вид

$$P_i = \frac{l_x}{l_x - 3ef_3} (p_n F_n + p_b F_b + p_l b), \quad (1)$$

где  $e$  — боковой зазор между плитой и ножом;  
 $l_x$  — глубина внедрения ножа;  
 $f_3$  — коэффициент трения по задней грани ножа;  
 $p_n, p_b$  — удельные сопротивления резанию, приходящиеся на единицу площади контакта древесины соответственно с передней и боковой гранями ножа;  
 $F_n, F_b$  — площади контакта древесины соответственно с передней и боковой гранями ножа;  
 $p_l$  — удельное сопротивление надрезанию на единицу длины контакта лезвия ножа с древесиной;  
 $b$  — длина контакта лезвия ножа с древесиной.

В формуле (1) общий множитель учитывает сопротивление резанию по задней грани ножа, возникающее в результате эксцентричного приложения силы  $P_i$ ; первое слагаемое — сопротивление по передней грани ножа; второе слагаемое — сопротивление по боковой грани ножа; третье слагаемое — сопротивление надрезанию древесины лезвием ножа.

В основу определения силы резания положен вывод С. А. Воскресенского о равномерном распределении среднего удельного давления по передней грани ножа, который был подтвержден большинством исследователей в области безопилочного резания древесины. При этом

нами приняты более обобщенные показатели  $p_n$  и  $p_6$ , учитывающие как нормальное давление по граням ножа, так и сопротивление трению его граней о древесину.

Для острого ножа сопротивление надрезанию древесины лезвием составляет незначительную часть от общей силы резания (порядка 4—5%), поэтому этой составляющей можно пренебречь. Однако на практике нередко используют ножи, у которых лезвие в процессе эксплуатации значительно затупилось. Изменение силы резания в зависимости от степени затупления лезвия ножа целесообразно учитывать эмпирическим коэффициентом  $k_p$ . После аналитического определения площади контакта древесины с передней и боковыми гранями ножа формула (1) принимает вид

$$P_i = \frac{k_p h l_x}{l_x - 3ef_3} \left\{ 2p_n \frac{t \sin \varphi}{H \sin \delta} \sqrt{\frac{H}{\sin \varphi} \left( l_x - \frac{t \sin (\delta + \varphi)}{2 \sin \delta \sin \varphi} \right) - \left( l_x - \frac{t \sin (\delta + \varphi)}{2 \sin \delta \sin \varphi} \right)^2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} p_6 \left[ \left( \frac{2l_x \sin \delta \sin \varphi - 2t \sin (\delta + \varphi)}{H \sin \delta} - 1 \right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \sqrt{\frac{H}{\sin \varphi} \left( l_x - t \frac{\sin (\delta + \varphi)}{\sin \delta \sin \varphi} \right) - \left( l_x - t \frac{\sin (\delta + \varphi)}{\sin \delta \sin \varphi} \right)^2} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{H}{2 \sin \varphi} \arcsin \left( \frac{2l_x \sin \delta \sin \varphi - 2t \sin (\delta + \varphi)}{H \sin \delta} - 1 \right) + \frac{\pi H}{4 \sin \varphi} \right] \right\}, \quad (2)$$

где  $k_p$  — коэффициент, учитывающий степень затупления лезвия ножа;  
 $h, H$  — соответственно ширина и высота поперечного сечения корня;  
 $t$  — толщина ножа;  
 $\delta$  — угол резания;  
 $\varphi$  — угол между плоскостью резания и продольной осью корня.

Значения параметров  $p_n, p_6$  и  $k_p$ , входящих в формулу (2) и характеризующих взаимодействие ножа с древесиной, определяют экспериментально в условиях, близких к исследуемому процессу.

При расчете привода устройств для разделки пней необходимо знать максимальную силу перерезания корня и глубину внедрения ножа  $l_m$ , соответствующую этой силе. Величина  $l_m$  определена из условия

$$\frac{dP_i}{dl_x} = 0.$$

Отсюда относительная глубина внедрения ножа в корень

$$\frac{l_m}{H} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\sin \varphi} - \frac{p_n t}{p_6 H \sin \delta} + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi} + \frac{p_n^2 t^2}{p_6^2 H^2 \sin^2 \delta} + \frac{t \sin (\delta + \varphi)}{H \sin \delta \sin \varphi}} \right). \quad (3)$$

Суммарная сила перерезания всех боковых корней имеет максимальное значение при разделке таких пней, диаметр шейки которых равен диаметру контурного ножа. В этом случае корни перерезаются в месте срастания их с пнем, т. е. в сечении с максимальными поперечными размерами  $h_m$  и  $H_m$ .

Подставив в формулу (2) значения  $l_m, h_m$  и  $H_m$  и помножив на количество одновременно перерезаемых корней  $n$ , найдем максимальную силу  $P_m$ , которую необходимо приложить к нажимной плите при продавливании пня сквозь ножевую головку.

Величина  $P_m$  определяет силовые характеристики привода станка для разделки пней.

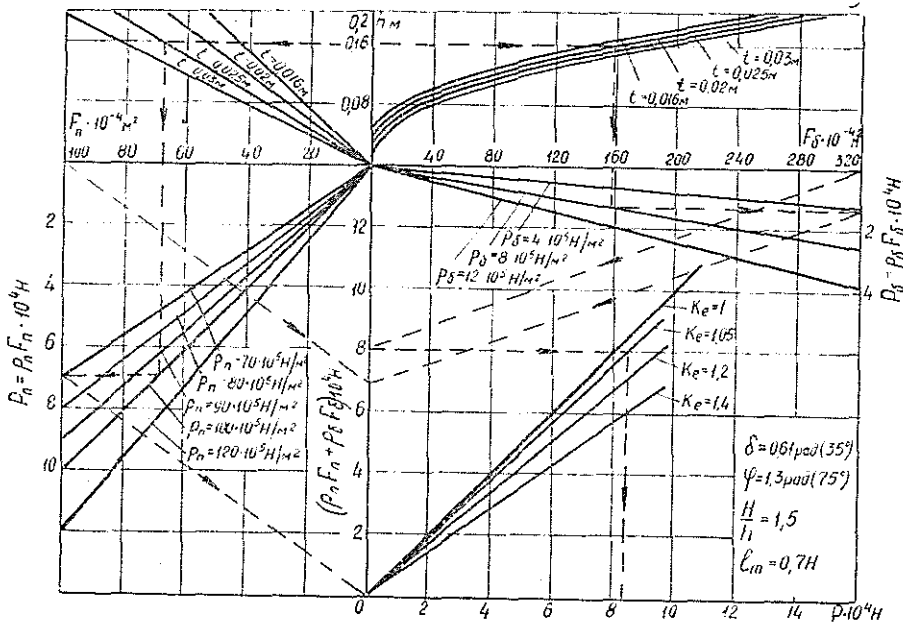


Рис. 3.

В целях упрощения расчетов на рис. 3 представлена номограмма для графического определения силы перерезания корня в зависимости от различных параметров процесса. Графики построены на основе данных, полученных по формуле (2) с помощью ЭВМ. При расчете некоторые из параметров приняты постоянными:  $\delta = 0,61$  рад ( $35^\circ$ );  $\psi = 1,30$  рад ( $75^\circ$ );  $H = 1,5 h$ ;  $l_m = 0,70 H$ .

Силу резания по номограмме определяют в следующей последовательности. В зависимости от толщины корня  $h$  и ножа  $t$  по верхним кривым находят площади контакта древесины с передней  $F_n$  и боковой  $F_6$  гранями ножа. Зная удельные сопротивления резанию  $p_n$  и  $p_6$ , по левой и правой шкалам вычисляют составляющие силы резания  $P_n$  и  $P_6$ . Затем эти силы суммируют последовательным переносом соответствующих отрезков на центральную шкалу. Влияние бокового зазора  $e$  между ножом и опорой учитывается коэффициентом  $k_e$

$$k_e = \frac{l_m}{l_m - 3e f_3}.$$

В зависимости от коэффициента  $k_e$  по правому нижнему графику номограммы находят максимальную силу, необходимую для перерезания корня. На номограмме пунктирной линией показан пример определения силы резания при следующих данных:  $h = 0,16$  м;  $t = 0,025$  м;  $p_n = 100 \cdot 10^2$  кН/м<sup>2</sup>;  $p_6 = 8 \cdot 10^2$  кН/м<sup>2</sup>;  $k_e = 1,05$ .

Из номограммы видно, что площадь  $F_n$ , а следовательно, и сопротивление резанию по передней грани ножа изменяются прямо пропорционально толщине корня  $h$ . Для площади  $F_6$  и силы  $P_6$  эта зависимость гиперболического типа. Суммарная сила резания, как показал анализ формулы (2), имеет параболическую зависимость, которая с увеличением отношения  $p_n/p_6$  приближается к прямолинейной.

Путем теоретического анализа зависимостей установлено также, что при боковом зазоре  $e$  между опорой и ножом порядка 5 мм сила резания увеличивается лишь на 5% по сравнению с резанием на узкой опоре. Если конструкция устройства позволяет обеспечить минимальный зазор между плитой и ножом, то коэффициентом  $k_e$  можно пре-

небрежь. Однако из номограммы видно, что увеличение бокового зазора между опорой и ножом свыше 10 мм приводит к значительному росту силы резания. Это необходимо учитывать при проектировании устройств для разделки пней.

Выведенное аналитическое уравнение позволяет выявить оптимальные параметры процесса и определить основные исходные данные при проектировании устройств для разделки пней методом безопилочного резания.

Поступила 6 февраля 1978 г.

УДК 62-412.004.3

## О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА ОСЕВОЕ СМЕЩЕНИЕ БРЕВНА

В. И. ХАТАНЗЕЙСКИЙ

Ухтинский индустриальный институт

Описана технология и приведены результаты экспериментального исследования зависимости величины осевого смещения бревна при движении его по двум наклонным покатам от кривизны и сбега ствола, начального положения центра тяжести бревна и угла наклона покатов к горизонту.

При движении по двум покатам, плоскость которых расположена под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту, бревно перемещается в направлении как наклона, так и перпендикулярно к покатам.

Вторую составляющую перемещения назовем осевым смещением бревна. Величину этого смещения  $\Delta l$  определяли экспериментально в зависимости от угла  $\alpha$  наклона покатов к горизонту, кривизны  $K_p$  и сбега  $S_6$  ствола, начального положения центра тяжести бревна. Исследование проводили в лабораторных условиях. Линейные размеры покатов и бревен уменьшены по сравнению с натуральными в пять раз. Измерения выполняли с точностью до 1 мм.

В целях получения достоверных результатов при минимальном числе опытов методику эксперимента составили на основе так называемого «латинского квадрата» [2]. Это позволило наиболее равномерно охватить всю площадь таблицы возможных сочетаний всех четырех первичных факторов и вместо 3125 при переборе вариантов обычным способом ограничиться 125 опытами. Каждый опыт повторяли 5—6 раз. Разница между результатами измерений не превышает 10%.

Экспериментальная установка имела следующие размеры: расстояние между покатами 40 см; длина покатов 50 см; длина бревен 80 см. Диаметры бревен от 44 до 54 мм. Начальное положение центра тяжести бревен задавали расстоянием  $l_1$  от комля до ближайшего поката.

В результате испытаний получены величины осевого смещения бревна при соответствующем сочетании первичных факторов (табл. 1). Данные наблюдений обработаны статистически по методике согласно ГОСТу 8.207—76 с уровнем значимости 5% [1].

Чтобы исключить зависимость первичных факторов друг от друга, проводим суммирование и вычисляем средние значения смещений для



Таблица 1

Номер бревна	$K_p$ мм/м	$C_6$ мм/м	$l_1$ см	$\alpha$ град	$\Delta l$ мм	$\alpha$ град	$\Delta l$ мм
283	4,0	5,0	16,0	40	+2,0	30	+7,0
285	6,0	10,0	8,0	40	-3,0	30	+4,0
203	8,0	12,5	32,0	40	+10,0	30	+26,0
347	10,0	15,0	23,0	40	+20,0	30	+33,0
416	12,0	7,5	10,6	40	+2,0	30	+4,0
301	4,0	10,0	10,6	50	+1,0	20	+8,0
530	6,0	15,0	32,0	50	+18,0	20	+35,0
311	8,0	5,0	23,0	50	+5,0	20	+6,0
290	10,0	7,5	16,0	50	+2,0	20	+11,0
390	12,0	12,5	8,0	50	-5,0	20	+1,0
208	4,0	15,0	8,0	60	-2,0	10	+16,0
262	6,0	7,5	23,0	60	+4,0	10	+11,0
231	8,0	10,0	16,0	60	+3,0	10	+11,0
291	10,0	12,5	10,6	60	+6,0	10	+18,0
381	12,0	5,0	32,0	60	+12,0	10	-1,0
206	4,0	7,5	32,0	70	+9,0	5	-7,0
383	6,0	12,5	16,0	70	+2,0	5	+21,0
397	8,0	15,0	10,6	70	-7,0	5	+20,0
306	10,0	5,0	8,0	70	-3,0	5	+7,0
423	12,0	10,0	23,0	70	+2,0	5	+2,0
205	4,0	12,5	23,0	80	-3,0	0	+31,0
275	6,0	5,0	10,6	80	-6,0	0	+6,0
265	8,0	7,5	8,0	80	0	0	+20,0
392	10,0	10,0	32,0	80	0	0	+29,0
243	12,0	15,0	16,0	80	0	0	+34,0

всех четырех факторов. По этим данным строим графики зависимости величины осевого смещения бревна от первичных факторов отдельно для  $\alpha = 0 \div 30^\circ$  и  $\alpha = 40 \div 80^\circ$  (рис. 1). Все четыре фактора по-разному влияют на величину осевого смещения. Влияние каждого из факторов ( $C_6$ ,  $K_p$ ,  $l_1$ ) зависит от угла наклона  $\alpha$  покатов к горизонту. Уменьшения смещения до определенного минимума можно добиться подбором величин  $l_1$  и  $\alpha$ . Это возможно в интервале  $\alpha = 50 \div 70^\circ$ .

Чтобы получить равенство, выражающее одновременно влияние всех четырех факторов на величину осевого смещения, результаты опыта обрабатывали с помощью уравнений множественной регрессии при  $\alpha = 40 \div 80^\circ$ .

Рассматривая кривые на рис. 1, зависимость осевого смещения от сбега ствола принимаем нелинейной, от  $\alpha$  и  $l_1$  — линейной, от кривизны — нулевой.

Уравнение множественной нелинейной регрессии можно записать в виде

$$\Delta \bar{l} = a_0 + a_1 C_6 + a_2 C_6^2 + a_3 l_1 + a_4 \alpha, \quad (1)$$

где  $\Delta \bar{l}$  — условная средняя осевого смещения;

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  — коэффициенты регрессии.

Коэффициенты уравнения (1) определены по методу наименьших квадратов.

Следовательно, регрессионная зависимость осевого смещения бревна от сбега ствола, начального положения центра тяжести бревна и угла наклона покатов аппроксимирована уравнением

$$\Delta \bar{l} = 5,7C_6 + 0,1C_6^2 + 2,8l_1 - 7,7\alpha - 45, \quad (2)$$

здесь  $\Delta \bar{l}$  — в мм;  $C_6$  и  $l_1$  — в см;  $\alpha$  — в радианах.

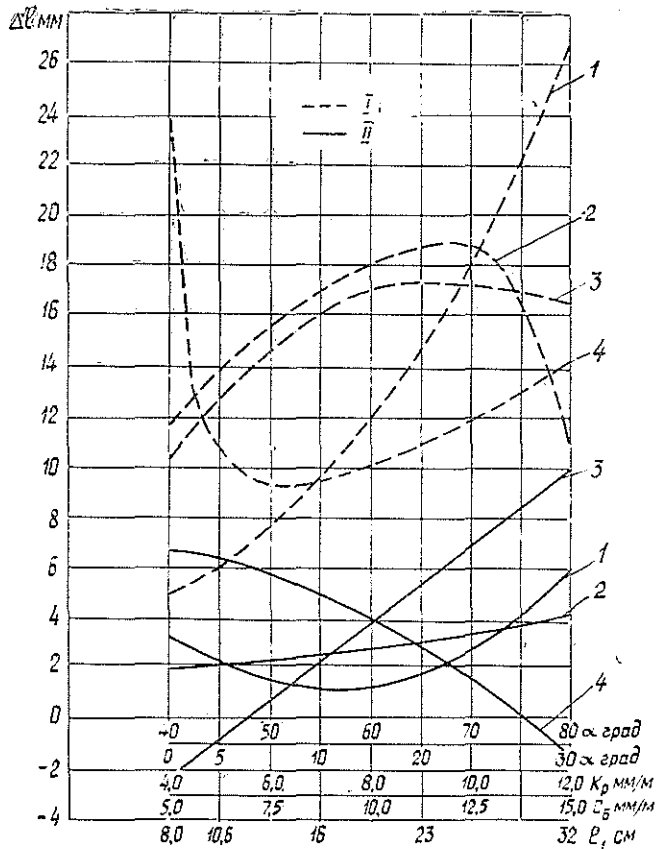


Рис. 1. Графики зависимости величины осевого смещения бревна  $\Delta l$  от сбега (1), кривизны ствола (2), начального положения центра тяжести бревна (3) и угла наклона покатов к горизонту (4).

$I - \alpha = 0 \div 30^\circ$ ;  $II - \alpha = 40 \div 80^\circ$ .

Величину осевого смещения можно регулировать углом наклона покатов и начальным положением центра тяжести бревна в интервале  $\alpha = 50 \div 70^\circ$ . В интервале  $\alpha = 0 \div 30^\circ$  осевое смещение зависит, в основном, от сбега ствола бревна и резко растет с увеличением последнего.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Изд. 2-е. М., «Наука», 1971. [2]. Протождьяконов М. М., Тедер Р. И. Методика рационального планирования экспериментов. М., «Наука», 1970, с. 76.

Поступила 1 апреля 1977 г.

УДК 674.05:621.912.251

**ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
КИНЕТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ФУГОВАНИЯ  
ОТ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НЕТОЧНОСТЕЙ  
ФУГОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ**

Ю. П. ТИМОФЕЕВ, А. А. ГОЛОВАННИКОВ, В. И. СУЛИНОВ

Уральский лесотехнический институт

Рассмотрены вопросы точности обработки на фуговальных станках, связанные с кинетической погрешностью, возникающей вследствие геометрической неточности станка: неровности поверхности столов и их взаимной непараллельности.

Геометрическая неточность фуговальных станков, влияющая на ровность обработанной поверхности детали, определяется ровностью поверхностей переднего и заднего столов и их непараллельностью.

Поверхность столов может быть выпуклой и вогнутой. Образование кинетической погрешности рассмотрим для столов, имеющих только вогнутую поверхность, так как изготовление столов с выпуклой поверхностью запрещено ГОСТом 7097—66 «Станки деревообрабатывающие, фуговальные. Нормы точности» в связи с тем, что на выпуклой поверхности невозможно устойчивое базирование обрабатываемых заготовок.

Условимся, что: 1) поверхность столов имеет продольную вогнутость в форме дуги окружности с центром, находящимся на перпендикуляре, восстановленном из середины стола; 2) заготовка имеет идеально плоскую обрабатываемую поверхность и абсолютно недеформируема; 3) плоскости столов, касательные к их поверхности, строго параллельны между собой.

Неровность детали, или кинетическая погрешность (рис. 1, а), определяется величиной  $\Delta_k$  — расстоянием от окружности резания ножевого вала до обрабатываемой поверхности заготовки

$$\Delta_k = a \sin \varphi, \tag{1}$$

где  $a$  — расстояние от губки стола до оси ножевого вала.

Как видно из построения,

$$\varphi = \frac{\alpha - \beta}{2} = \arcsin \frac{L - l_{оп}}{2R} \approx \frac{4\Delta_n}{L} \left(1 - \frac{l_{оп}}{L}\right), \tag{2}$$

здесь  $L$  — длина базы, на которой измерено отклонение от прямолинейности поверхности стола станка  $\Delta_n$ ;

$l_{оп}$  — длина опирания;

$R$  — радиус окружности, по дуге которой сформирована поверхность стола,

$$R = \frac{L^2 + 4\Delta_n^2}{8\Delta_n} \approx \frac{L^2}{8\Delta_n}.$$

На основании формул (1) и (2)

$$\Delta_k = 4 \frac{a}{L} \Delta_n \left(1 - \frac{l_{оп}}{L}\right). \tag{3}$$

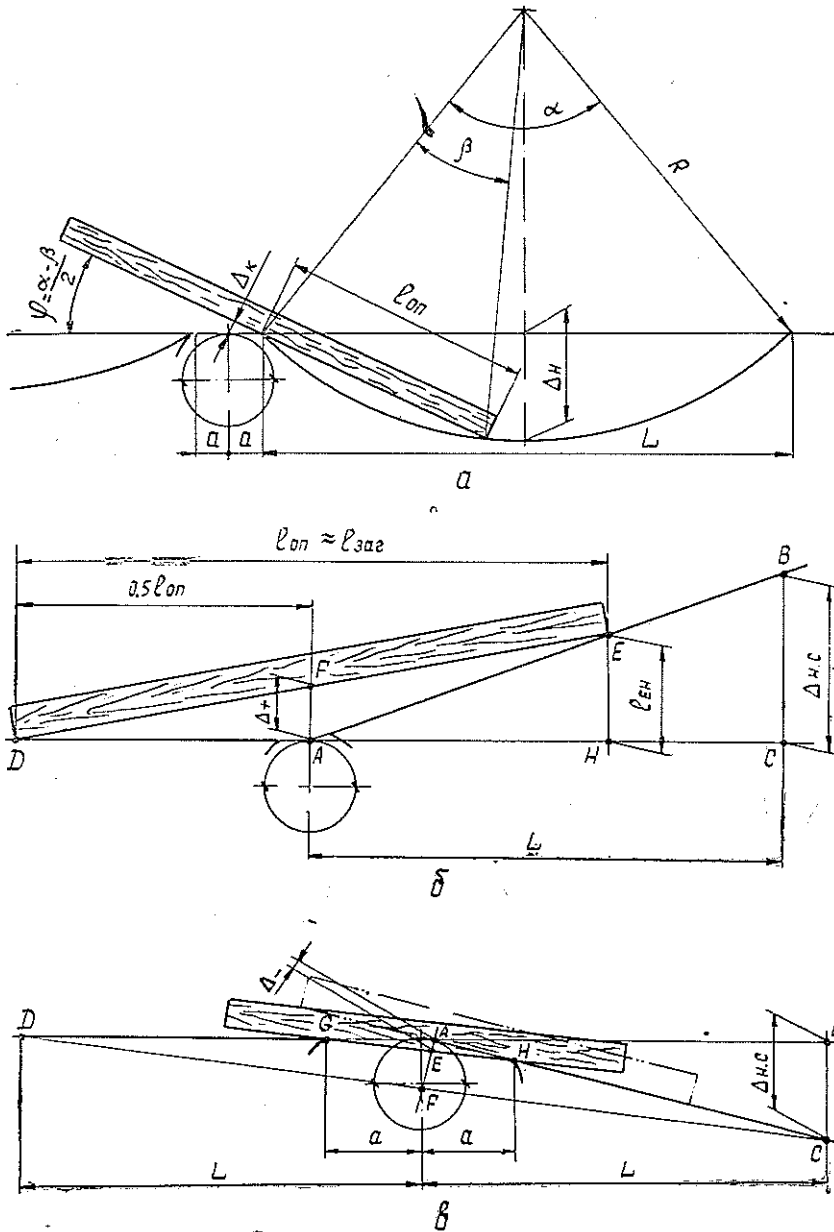


Рис. 1. Схема образования кинетической погрешности обработки.

$a$  — от неплоскости;  $b$  — от положительной непараллельности;  
 $v$  — от отрицательной непараллельности.

Из уравнения (3) видно, что максимальная погрешность  $\Delta_{k \max}$  возможна, когда  $l_{оп} \rightarrow 0$ , и при  $l_{оп} = 0$

$$\Delta_{k \max} = 4 \frac{a}{L} \Delta_H. \quad (4)$$

Для отечественных фуговальных станков обычно  $a = 26 \div 30$  мм, длина базы измерения  $L = 1000$  мм. Тогда максимально возможная относительная погрешность обработки

$$\varepsilon_{k \max} = \frac{\Delta_{k \max}}{\Delta_{\text{н}}} = 4 \frac{a}{L} = \frac{4 \cdot 30}{1000} = 0,12 \text{ (12\%)}$$

Практически минимальная длина, при которой происходит перебазирование заготовки с переднего на задний стол,  $l_{\text{оп}} \approx 200$  мм. В этом случае  $\varepsilon_k \approx 0,10$  (10%). Максимальная длина  $l_{\text{оп}}$ , при которой возникает минимальная кинетическая погрешность, очевидно, равна  $0,5 L$ .

Минимальная кинетическая погрешность

$$\Delta_k = 2 \frac{a}{L} \Delta_{\text{н}}; \quad \varepsilon_k = 0,06 \text{ (6\%)}$$

Фактор геометрической неточности — взаимная непараллельность столов — в зависимости от того, меньше или больше  $180^\circ$  угол между плоскостями столов, подразделяется соответственно на положительную и отрицательную непараллельность.

Будем считать, что поверхность столов идеально плоская.

При положительной непараллельности плоскостей столов (рис. 1, б) максимальная кинетическая погрешность  $\Delta_+$  возникает у детали при переходе ее середины над верхней точкой  $A$  окружности резания.

Из подобия треугольников  $ABC$  и  $AEN$  следует

$$\frac{\Delta_{\text{н.с}}}{L} = \frac{l_{EH}}{0,5l_{\text{заг}}}$$

т. е.

$$l_{EH} = \frac{0,5l_{\text{заг}}}{L} \Delta_{\text{н.с}}$$

где  $\Delta_{\text{н.с}}$  — величина непараллельности станка на длине базы измерения;  $L = 1000$  мм;

$l_{\text{заг}}$  — длина заготовки (так как пересчет погрешности обработки всегда ведут на длину 1000 мм, то можно принять  $l_{\text{заг}} = 1000$  мм).

Из подобия треугольников  $DEH$  и  $DFA$  следует

$$\frac{\Delta_+}{0,5l_{\text{заг}}} = \frac{l_{EH}}{l_{\text{заг}}}$$

или

$$\Delta_+ = 0,5l_{EH} = \frac{0,5\Delta_{\text{н.с}} \cdot 0,5l_{\text{заг}}}{L} \quad (5)$$

Выражение (5) приведем к более удобному виду

$$\Delta_+ = 0,25 \frac{l_{\text{заг}}}{L} \Delta_{\text{н.с}} \quad (6)$$

Отсюда относительная кинетическая погрешность обработки

$$\varepsilon_+ = \frac{\Delta_+}{\Delta_{\text{н.с}}} = \frac{0,25\Delta_{\text{н.с}}}{\Delta_{\text{н.с}}} = 0,25,$$

т. е. составляет 25% от величины непараллельности плоскостей столов фуговального станка.

При отрицательной непараллельности плоскостей столов, как видно из рис. 1, в, толщина снимаемого слоя может изменяться при пере-

базировании лишь в пределах отрезка  $AE$ , определяющего, следовательно, максимальную кинетическую погрешность обработки  $\Delta_-$ . Согласно геометрическому построению по рис. 1,  $e$  и из подобия треугольников  $DAC$  и  $GAN$  имеем

$$\Delta_- = \frac{a}{2L} \Delta_{н.с.} \quad (7)$$

Подставив в выражение (7) известные величины, получим

$$\Delta_- = \frac{30}{2 \cdot 1000} \Delta_{н.с.} = 0,015 \Delta_{н.с.}$$

Отсюда относительная кинетическая погрешность обработки при отрицательной непараллельности между плоскостями столов

$$\epsilon_- = \frac{\Delta_-}{\Delta_{н.с.}} = \frac{0,015 \Delta_{н.с.}}{\Delta_{н.с.}} = 0,015$$

или составляет 1,5% от величины погрешности станка.

Таким образом, положительная непараллельность плоскостей столов — наиболее значащий фактор в образовании кинетической погрешности обработки  $\epsilon_+ = 25\%$ . Неровность поверхностей столов дает относительную кинетическую погрешность обработки  $\epsilon_k = 6 \div 10\%$ . Так как влияние фактора непараллельности неотделимо от влияния фактора неплоскостности, то с учетом знака действия этих факторов имеем:

для положительной непараллельности + неровности

$$\epsilon_{+к} = \epsilon_+ - \epsilon_k = 0,25 - 0,10 = 0,15 (15\%);$$

для отрицательной непараллельности + неровности

$$\epsilon_{-к} = \epsilon_- + \epsilon_k = 0,015 + 0,10 = 0,115 (11,5\%).$$

Таким образом, предпочтительно изготавливать столы фуговальных станков с допуском на непараллельность плоскостей столов только в отрицательную сторону. Принятые по ГОСТу 7097—66 нормы геометрической точности гарантируют достаточно высокую точность обработки. Уменьшение расстояния между столами — один из действенных факторов повышения точности обработки.

Поступила 6 января 1978 г.

УДК 674.812

## КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А. Е. ЧААДАЕВ, Н. И. ЧУБОВ, Ю. И. ЧУБОВ, А. Л. СКЛЯРОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты исследований технологических параметров пропитки суспензией фторопласта и металлическим сплавом, физико-механических и антифрикционных свойств получаемого композиционного материала на основе прессованной древесины. Даны расчетные формулы эффективности производства и применения композиционного материала.

Существующая технология пропитки прессованной древесины (ДП) [4] расплавами металлов [2, 3, 7] не всегда отвечает техническим и экономическим требованиям из-за высокого коэффициента тре-

ния, значительного расхода дорогостоящих металлических наполнителей, низкого коэффициента использования прочности и т. д.

С целью устранения указанных недостатков нами проведены испытания древесины, наполненной суспензией фторопласта (лак ФБФ-74Д), с последующими прессованием и пропиткой металлическим сплавом на основе свинца с плотностью  $8,86 \text{ г/см}^3$  (Pb — 43%, Sn — 34%, Cd — 21%, Sb — 2%).

Пропитка пористых материалов двумя и более наполнителями с различными свойствами называется би- и полипропиткой, позволяющей получать композиционные материалы с требуемыми и регулируемыми свойствами.

Металлический сплав служит для увеличения теплопроводности, фторопласт — для снижения коэффициента трения. Совместно и каждый из них повышают физико-механические свойства. Фторопласт, кроме того, предотвращает развитие образующихся адгезионных связей на поверхности контакта, приводящих к разрушению и усиленному износу детали.

Теоретически возможную плотность материала  $\rho_0$ , получаемого в процессе би- и полипропитки, определяем по формуле

$$\rho_0 = \rho + \sum_{i=1}^n \rho_{ni} \cdot k_i, \quad (1)$$

где  $\rho$  и  $\rho_{ni}$  — плотность исходной древесины и  $i$ -того наполнителя соответственно,  $\text{г/см}^3$ ;

$k_i$  — коэффициент, учитывающий содержание  $i$ -того наполнителя.

Фактическая плотность  $\rho_{0ф}$  зависит от степени заполнения пор в древесине соответствующим наполнителем, т. е.

$$\rho_{0ф} = \rho_0 (П - П_0), \quad (2)$$

здесь  $П$  и  $П_0$  — общая и остаточная пористость, доли единицы (последняя равна 0,05—0,12).

При пропитке суспензией фторопласта и металлическим сплавом плотность получаемого материала рассчитываем по формуле

$$\rho_0 = \rho + \rho_{ф} (П_{ф} - П_{0ф}) + \rho_{м} (П_{м} - П_{0м}), \quad (3)$$

где  $\rho_{ф}$  и  $\rho_{м}$  — плотность фторопласта (сухой остаток) и металлического сплава соответственно,  $\text{г/см}^3$ ;

$П_{ф}$ ,  $П_{0ф}$ ,  $П_{м}$ ,  $П_{0м}$  — общая и остаточная пористость пропитанной фторопластом и металлическим наполнителем древесины соответственно, доли единицы.

В результате проведенных испытаний установлено следующее.

1. Оптимальные параметры технологического процесса би- и полипропитки (табл. 1): влажность древесины — 12—16%; давление пропитки суспензией фторопласта — 10—15  $\text{кгс/см}^2$ ; давление прессования — 120—250  $\text{кгс/см}^2$ ; термообработка при температуре 150—160°C в течение 2—3 ч; давление пропитки металлическим сплавом — 40—60  $\text{кгс/см}^2$  в течение 0,5—2 мин.

2. Наиболее высокими физико-механическими и антифрикционными свойствами обладает материал серий I, II, III (табл. 2) при следующем соотношении ингредиентов (табл. 1): цельная прессованная древесина — 27—41 мас.%; фторопласт — 7—10; фенольное связующее — 2—3, металлический наполнитель — 50—60 мас.%.

Таблица 1

Результаты испытаний технологических параметров  
би- и полипропитки (показатели 3—5-кратных испытаний)

Серия опытов	Условия испытаний								Содержание ингредиентов, мас. %			
	W %	$P_{\phi}$ кгс/см <sup>2</sup>	$t_c$ °C	$\tau_c$ ч	$P_{\Pi}$ кгс/см <sup>2</sup>	$t_T/\tau_T$ °C/ч	$P_p$ кгс/см <sup>2</sup>	$\tau_{\Pi}$ мин	Древесина	Фторопласт	Фенольное связующее	Металлический наполнитель
A	14	15	80	2	70	150/2,5	50	1	17	9,6	2,7	69
I	14	15	85	2	120	150/2	50	1	26	10	3	60
II	12	10	75	3	180	160/2	40	1	32	8	3	58
III	16	15	80	2,5	250	150/2,5	60	0,5	41	7	3,5	50
Б	16	15	80	2,5	320	150/2,5	60	2	46	7,4	3,6	43

Примечание. W — влажность;  $P_{\phi}$  — давление пропитки фторопластом;  $t_c$  и  $\tau_c$  — температура и продолжительность подсушивания соответственно;  $P_{\Pi}$  — давление прессования;  $t_T$  и  $\tau_T$  — температура и продолжительность термообработки соответственно;  $P_p$  и  $\tau_{\Pi}$  — давление и продолжительность пропитки металлическим сплавом соответственно.

Таблица 2

Экспериментальные данные испытаний физико-механических  
и антифрикционных свойств материала би- и полипропитки  
(показатели 3—5-кратных измерений)

Показатели	Численные значения показателей					
	для серии опытов					для антифрикционной прессованной древесины (авт. свид. № 394202)
	A	I	II	III	Б	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	4,4	3,0	2,85	2,7	2,0	1,27—1,32
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кгс/см <sup>2</sup>	1240	1570	1695	1840	1570	1365—1610
Коэффициент теплопроводности вдоль волокон, ккал/м·ч·град	11,8	6,4	5,9	3,8	2,8	0,42—0,47
Водопоглощение при выдержке в воде при 20°C в течение суток, %	1,5	1,7	2,0	3,0	8,0	2,6—4,2
Коэффициент трения при $V = 0,5$ м/с, $P = 40 \div 60$ кгс/см <sup>2</sup>	0,076	0,040	0,030	0,037	0,058	0,044—0,065

3. Композиционный материал, полученный би- и полипропиткой, имеет коэффициент теплопроводности в 8—16 раз, прочность при сжатии в 1,1—1,2 раза выше, а влагопоглощение в 1,2—1,5 раза и коэффициент трения в 1,4—1,8 раза ниже, чем материал, изготовленный по способу [5, 6] без металлического наполнителя (табл. 2).

Экономно сплава Э<sub>с</sub> при би- и полипропитке прессованной древесины массой M рекомендуем рассчитывать по формуле, аналогичной для дискретной металлизации [7],

$$\Delta_c = q(\Pi - \Pi_0) \frac{M}{\rho} (100 - c) \cdot 10^{-4}, \quad (4)$$

где  $\Pi$  и  $\Pi_0$  — общая и остаточная пористость соответственно, %;

$q$  и  $\rho$  — плотность металлического наполнителя и пропитываемой древесины соответственно, г/см<sup>3</sup>;

$c$  — металлизация, %.

В общем случае себестоимость  $C_6$  единицы массы материала, получаемого при би- и полипропитке, определяем с учетом методики [1]



и рассчитываем по формуле, аналогичной для расчета себестоимости дискретно-металлизированной древесины [7],

$$C_6 = \sum_{i=1}^n C_{дп} \frac{\rho_i}{\rho_{6i}} + \sum_{i=1}^n \frac{C_{нi} q_i}{n_i \rho_{6i} m_i} (P_i - P_{oi}) \cdot 10^{-2} + \sum \frac{NC_{дз} + C_p D}{M_i \rho_{6i}} \rho_i, \quad (5)$$

здесь  $C_{дп}$ ,  $C_{нi}$  — стоимость единицы плотности исходной древесины и наполнителя соответственно, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_i$ ,  $q_i$  — плотность пропитываемой древесины и наполнителя соответственно, г/см<sup>3</sup>;

$n_i$ ,  $m_i$  — кратность использования и относительный расход  $i$ -того наполнителя;

$C_{дз}$ ,  $C_p$  — затраты на пропитку и регенерацию соответственно р.;

$N, D$  — количество пропитанных и регенерационных установок, шт.;

$\rho_{6i}$  — плотность материала би- и полипропитки, г/см<sup>3</sup>;

$M_i$  — количество выпускаемой продукции (производственная мощность), кг.

При расчете  $C_6$  с учетом конкретных наполнителей, их сочетания и технологического процесса формулы (4) и (5) значительно упрощаются.

Экономический эффект производства и применения композиционных материалов, получаемых при би- и полипропитке, определяется:

— затратами на технологический процесс, основными из которых являются капитальные вложения, зарплата обслуживающего персонала, сырье, энергия и вспомогательные материалы;

— экономией денежных средств за счет высвобождения и замены металла, дефицитных материалов, используемых для других целей,  $\mathcal{E}_н$ ;

— уровнем рационализации и оптимизации конструктивных решений  $\mathcal{E}_о$ ;

— экономией за счет мероприятий по регенерации используемого материала  $\mathcal{E}_р$ ;

— экономией за счет затрат труда и времени на ремонт и обслуживание машин, механизмов в результате удлинения срока службы работающих деталей  $\mathcal{E}_{ро}$ ;

— экономией за счет потенциальной локализации источников травматизма и улучшения условий безопасности и эргономики труда  $\mathcal{E}_{тб}$ .

Полный экономический эффект при производстве и применении композиционного материала би- и полипропитки можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = (C_6 - C_3) n \pm \mathcal{E}_н \pm \mathcal{E}_о \pm \mathcal{E}_{ро} \pm \mathcal{E}_р \pm \mathcal{E}_{тб}, \quad (6)$$

где  $C_6$ ,  $C_3$  — себестоимость изготовления единицы продукции до и после замены материала детали;

$n$  — объем производимой используемой продукции.

Получаемый в процессе пропитки композиционный материал имеет достаточно высокие физико-механические и антифрикционные свойства, что позволит использовать его в узлах трения с повышенными нагрузочно-скоростными режимами.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Винник Н. И. и др. Экономическая эффективность производства и применения прессованной древесины в народном хозяйстве. Воронеж, Центр.-Черн. кн. изд-во, 1972. [2]. Гуусов Ю. В. Пропитка прессованной древесины цветными металлами. — В кн.: Прессованная древесина и ее применение в машиностроении и при ремонте машин. Киев, 1967. [3]. Гуусов Ю. В., Мовнин М. С., Берзинш Г. В. Модифицированная древесина и исследование ее свойств. Л., 1968. 123 с. [4]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М., 1964. 352 с. [5]. Чаадаев А. Е., Самодуров И. С., Смольяков А. И., Гаврилов Г. К. Прессованная древесина для изготовления деталей трения. Авт. свид. № 394202. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 34. [6]. Чаадаев А. Е., Самодуров И. С., Смольяков А. И., Гаврилов Г. К. Способ получения антифрикционной прессованной древесины. Авт. свид. № 394203. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 34. [7]. Чубов Н. И. Металлизированная прессованная древесина. Воронеж, ВГУ, 1975. 136 с.

Поступила 20 января 1978 г.

УДК 634.0.865 : 620.178

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ОПИЛОЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

А. Ф. КУЛИНИЧЕВ

Уральский лесотехнический институт

Исследовано влияние скорости роста напряжений при кратковременных машинных испытаниях на прочность пластиков при растяжении, статическом изгибе и твердости. Установлены оптимальные скорости роста напряжений при испытаниях для оценки качества плит.

В Уральском лесотехническом институте разрабатывают рациональные методы машинных испытаний древесных пластиков из опилок лиственницы без добавления связующих веществ для оценки качества и обоснования расчета конструкций.

Пластики изготовлены на гидравлическом прессе П-713А при следующих параметрах прессования: давление — 25 кгс/см<sup>2</sup>; температура — 170°C; продолжительность — 1 мм/мин; влажность опилок — 24%. Высокие физико-механические свойства пластиков позволяют использовать их в строительстве в качестве конструктивного и отделочного материала для настила полов, подшивки потолков, изготовления мебели, устройства перегородок, облицовки стен и панелей.

Кратковременные машинные испытания можно произвести с различными скоростями, а скорость испытания связана со временем силового воздействия на материал. Для определения скорости роста в процессе нагружения по секундомеру измеряли время от начала нагружения до момента разрушения образца. Скорость роста напряжений в поперечном сечении образца рассчитывали по формуле

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma_{\text{пч}}}{t} \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{мин}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{\text{пч}}$  — среднее значение предела прочности при испытании образцов, кгс/см<sup>2</sup>;

$t$  — средняя продолжительность испытания серии образцов, мин.

Нами исследовано влияние скорости роста напряжений кгс/см<sup>2</sup>·мин при кратковременных машинных испытаниях на прочность пластиков при растяжении, статическом

изгибе и твердости по методу Б. Ф. Розенгауза. Испытания на растяжение, изгиб проводили на машине ДИ-0,5Т, твердость определяли на машине ЦДМ-5Т при скоростях движения захвата 1—60 мм/мин. Образцы для испытаний на растяжение имели размеры  $30 \times 200 \times 10$  мм при ширине шейки 20 мм и радиусе выемки 160 мм, для испытаний на изгиб —  $50 \times 250 \times 10$  мм, на твердость —  $50 \times 50 \times 10$  мм. Опыты проводили в следующем диапазоне скоростей роста напряжений: при растяжении —  $10 \div 1000$  кгс/см<sup>2</sup>·мин, при изгибе —  $10 \div 3000$  кгс/см<sup>2</sup>·мин и твердости —  $90 \div 19\,000$  кгс/см<sup>2</sup>·мин.

На рис. 1—3 при каждой скорости нагружения нанесены точки, соответствующие средним пределам прочности. Показатель точности не превышает 5%. Согласно опытам, зависимость предела прочности от скорости роста напряжений имеет асимптотический характер. При малых скоростях нагружения с ростом скоростей до некоторого значе-

Рис. 1. Зависимость предела прочности от скорости роста напряжений при растяжении параллельно плоскости плиты.

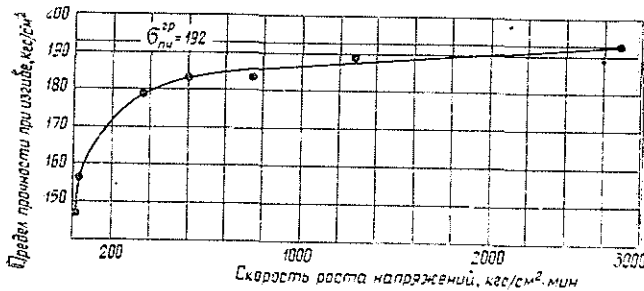
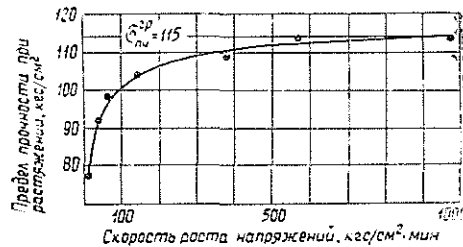


Рис. 2. Зависимость предела прочности от скорости роста напряжений при статическом изгибе.

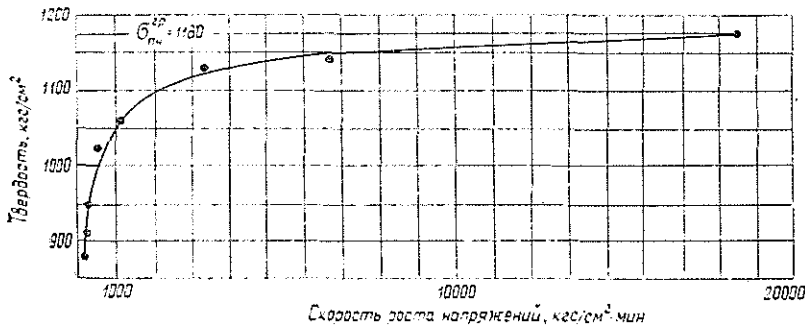


Рис. 3. Зависимость твердости по методу Б. Ф. Розенгауза от скорости роста напряжений.

ния эта зависимость изображается круто восходящей ветвью кривой. При скоростях выше указанного значения скорости нагружения зависимость выражается асимптотической ветвью кривой. Асимптота к кривой зависимости пределов прочности от скорости нагружения определяет границу предела прочности  $\sigma_{пч}^{рр}$ . В асимптотической ветви кривая зависимости предела прочности от скорости нагружения выражается функцией

$$\sigma = \frac{aV_{\sigma} + b}{V_{\sigma} + c} \text{ кгс/см}^2, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты, определяемые из опыта;

$V_{\sigma}$  — скорость роста напряжения, кгс/см<sup>2</sup>·мин.

Для определения постоянных коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  мы воспользуемся методом выбранных точек. В целях повышения точности эти точки должны возможно дальше отстоять друг от друга. Приведем уравнение (2) к виду

$$aV_{\sigma} + b - c\sigma = V_{\sigma}\sigma. \quad (3)$$

Каждую из трех пар значений координат  $V_{\sigma}$  и  $\sigma$  подставим в уравнение (3), что даст систему из трех уравнений для определения коэффициентов.

Зависимости пределов прочности при растяжении, изгибе и твердости от скорости роста напряжений выражены соответственно уравнениями

$$\sigma = \frac{11,8V_{\sigma} + 10400}{V_{\sigma} + 123}; \quad \sigma = \frac{197V_{\sigma} + 77800}{V_{\sigma} + 489}; \quad H = \frac{1210V_H + 4720000}{V_H + 4600}.$$

Максимальные расхождения опытных данных с вычисленными по уравнениям при растяжении — 2,8%, изгибе — 3,8% и твердости — 1,9%.

На асимптотической ветви кривой расположена точка, определяющая величину предела прочности и ту скорость, выше которой предел прочности изменится весьма незначительно, не превышая допуска по напряжению 5%.

Эта скорость нагружения называется оптимальной и является такой предельной скоростью, ниже которой изменение скорости нагружения вызывает значительное изменение предела прочности и выше которой любое изменение скорости нагружения не приводит практически к изменению предела прочности.

Величину оптимальной скорости нагружения определяли по уравнению кривой зависимости предела прочности от скорости роста напряжений, исходя из принятого допуска по напряжению 5% от границы предела прочности и твердости. Оптимальные скорости роста напряжений при растяжении — 290 кгс/см<sup>2</sup>·мин, изгибе — 670 кгс/см<sup>2</sup>·мин и твердости 4200 кгс/см<sup>2</sup>·мин. Чтобы исключить значительный разброс результатов, испытания следует проводить при оптимальной скорости роста напряжений.

Следовательно, с увеличением скорости роста напряжений пределы прочности при растяжении, изгибе и твердости увеличиваются по установленной в работе зависимости. При определении предела прочности и твердости скорость нагружения должна быть оптимальной. Предел прочности  $\sigma_{пч}^{рр}$  необходим для определения качества плит.

УДК 634.0.865

## О ДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ДСП

В. И. ВАСИЛЬЕВ, Л. В. ЕЛЬКОВ, В. Я. ЧИНАРЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Предложен инженерный метод расчета напряженно-деформированного состояния древеснослойных пластинок от действия температуры.

Древеснослойный пластик (ДСП) представляет собой многослойный материал, склеенный из древесных шпонов с различной ориентацией волокон. В силу различия коэффициентов линейного удлинения вдоль и поперек волокон в шпонах и клеевых швах при изменении температуры возникают внутренние усилия, значения которых определяют характер напряженно-деформированного состояния ДСП.

Тепловые процессы в системе связанных между собой шпонов можно представить математически известной\* системой дифференциальных уравнений в частных производных. Граничные условия для этих уравнений сложны и взаимосвязаны. Решить такую систему довольно трудно, а результаты вычислений недостаточно достоверны из-за неизбежной неточности исходных параметров. Поэтому для практических тепловых расчетов целесообразно отказаться от рассмотрения поля температур внутри отдельно взятого слоя сложного тела.

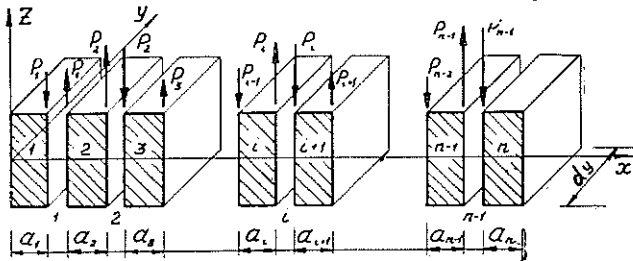


Рис. 1. Расчетная схема  $n$ -слойного ДСП.

Принимаем, что для всего  $n$ -слойного элемента (рис. 1) существует некоторая средняя температура, неизменная для его объема. Такое упрощение позволяет перейти к рассмотрению системы с сосредоточенными силовыми факторами в зонах соединения смежных шпонов.

Уравнение совместности деформаций для  $i$ -той ( $i = 1, 2, 3, \dots, n - 1$ ) границы соединяемых слоев имеет вид

$$\epsilon_{iy} + \epsilon_{it} = \epsilon_{(i+1)y} + \epsilon_{(i+1)t}, \quad (1)$$

\* Васильев В. И. Влияние на прочность клееных деревянных балок поперечной силы при длительном действии нагрузки. — «Труды ВИСИ. Строительные конструкции», 1971, т. 16, вып. 1, ч. 2.

где  $\epsilon_{iy} = \frac{\sigma_{ii}}{E_i} (1 - \nu_i)$  — относительная упругая деформация  $i$ -того шпона, прилегающая к  $i$ -тому клеевому шву;

$\epsilon_{it} = \beta_i \Delta t$  — относительная температурная деформация  $i$ -того шпона у  $i$ -того клевого шва ( $\beta_i$  — коэффициент объемного расширения).

Каждый шпон под действием внутренних сил находится в условиях внецентренного растяжения (сжатия), при котором в принятых осях координат нормальное напряжение  $i$ -того шпона, расположенного у  $i$ -того клевого шва, определяется формулой

$$\sigma_{ii} = \frac{P_{i-1}}{F_i} \left( 1 + \frac{z_{P_{i-1}} z_i}{i_{iy}^2} \right) + \frac{P_i}{F_i} \left( 1 + \frac{z_{P_i} z_i}{i_y^2} \right), \quad (2)$$

здесь  $z_{P_i}$  — эксцентриситет приложения  $P_i$  силы;

$z_i$  — значение текущей координаты в  $i$ -том шпоне;

$i_{iy}$  — радиус инерции площади сечения  $i$ -того шпона относительно оси  $y$ .

Подставляя значения напряжений (2) с учетом знаков сил и моментов в уравнение (1), получим систему  $n - 1$  уравнений для определения внутренних сил  $P_i$

$$\begin{aligned} & \beta_i \Delta t + \left[ P_{i-1} \left( 1 + \frac{z_{P_{i-1}} z_i}{i_{iy}^2} \right) + P_i \left( 1 + \frac{z_{P_i} z_i}{i_{iy}^2} \right) \right] \frac{1 - \nu_i}{E_i F_i} = \\ & = \beta_{i+1} \Delta t + \left[ P_i \left( 1 + \frac{z_{P_i} z_{i+1}}{i_y^2} \right) + P_{i+1} \left( 1 + \frac{z_{P_{i+1}} z_{i+1}}{i_{i+1y}^2} \right) \right] \frac{1 - \nu_{i+1}}{E_{i+1} F_{i+1}}. \end{aligned} \quad (3)$$

В частности, для трехслойного ДСП значения нормальных напряжений имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{4P_1}{a_1 dy}; & \sigma_{21} &= -\frac{4P_1 + 2P_2}{a_2 dy}; \\ \sigma_{22} &= \frac{4P_1 + 2P_2}{a_2 dy}; & \sigma_{32} &= -\frac{4P_2}{a_3 dy}, \end{aligned} \quad (4)$$

где силы  $P_1$  и  $P_2$  определяют из системы (3).

Полученные результаты позволяют анализировать зависимость отдельных элементов системы ДСП и их постоянных от температуры нагрева.

Поступила 6 декабря 1977 г.

УДК 621.822

## О ВЛИЯНИИ ЗАЗОРОВ И ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

В. В. МОРШНЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложена методика, дано описание экспериментальной установки и аппаратуры для исследования подшипников скольжения с целью установления оптимальных зазоров, обеспечивающих надежность и долговечность работы подшипников.

Опыт эксплуатации автомобильных и тракторных двигателей, применяемых на лесовозном транспорте, а также другом технологическом оборудовании, показывает, что долговечность их зависит от срока службы имеющихся в них подшипников скольжения. Коренные и шатунные подшипники скольжения коленчатых валов — наиболее ответственные и тяжело нагруженные детали.

В настоящее время, когда повышение мощности двигателей зачастую достигается путем форсирования их по числу оборотов, условия работы подшипников скольжения коленчатого вала становятся все более напряженными, так как нагрузки на них при этом значительно возрастают. В связи с этим возникает необходимость в дальнейшем, более глубоком изучении параметров смазочного слоя подшипников скольжения двигателей и в выявлении мероприятий, которые позволяют повысить несущую способность подшипников коленчатого вала, а значит и его работоспособность и долговечность.

Анализ литературных источников и производственных наблюдений позволил выявить ряд общих эксплуатационных показателей подшипников скольжения и двигателей внутреннего сгорания, а также параметров, которые влияют на эти показатели (рис. 1). Один из важнейших показателей — надежность жидкостного трения, которая характеризуется гарантированной толщиной смазочного слоя. В период эксплуатации условие жидкостного трения может нарушаться из-за изменения величины зазора, геометрической формы сопрягаемых деталей, шероховатости поверхностей трения, а также давления масла, подаваемого в подшипник.

Поскольку подшипник скольжения работает в режиме жидкостного трения лишь в определенной области зазоров между трущимися поверхностями, то определение этой области позволит назначать такие посадки на подвижные соединения машин, которые обеспечат их наибольшую долговечность и надежность [2, 3].

Толщина масляного слоя между цапфой и вкладышем подшипника с увеличением зазора сначала круто возрастает, достигая своей наибольшей величины, затем плавно падает. Это дает возможность вывести теоретические зависимости, позволяющие определить наименьший  $\psi_{min F}$  и наибольший  $\psi_{max F}$  относительные функциональные зазоры, при которых относительная толщина масляного слоя равняется определенной допустимой величине  $\gamma_{ж.т}$ , то есть дает возможность вычислить ту область зазоров, в которой подшипник работает в режиме жидкостного трения

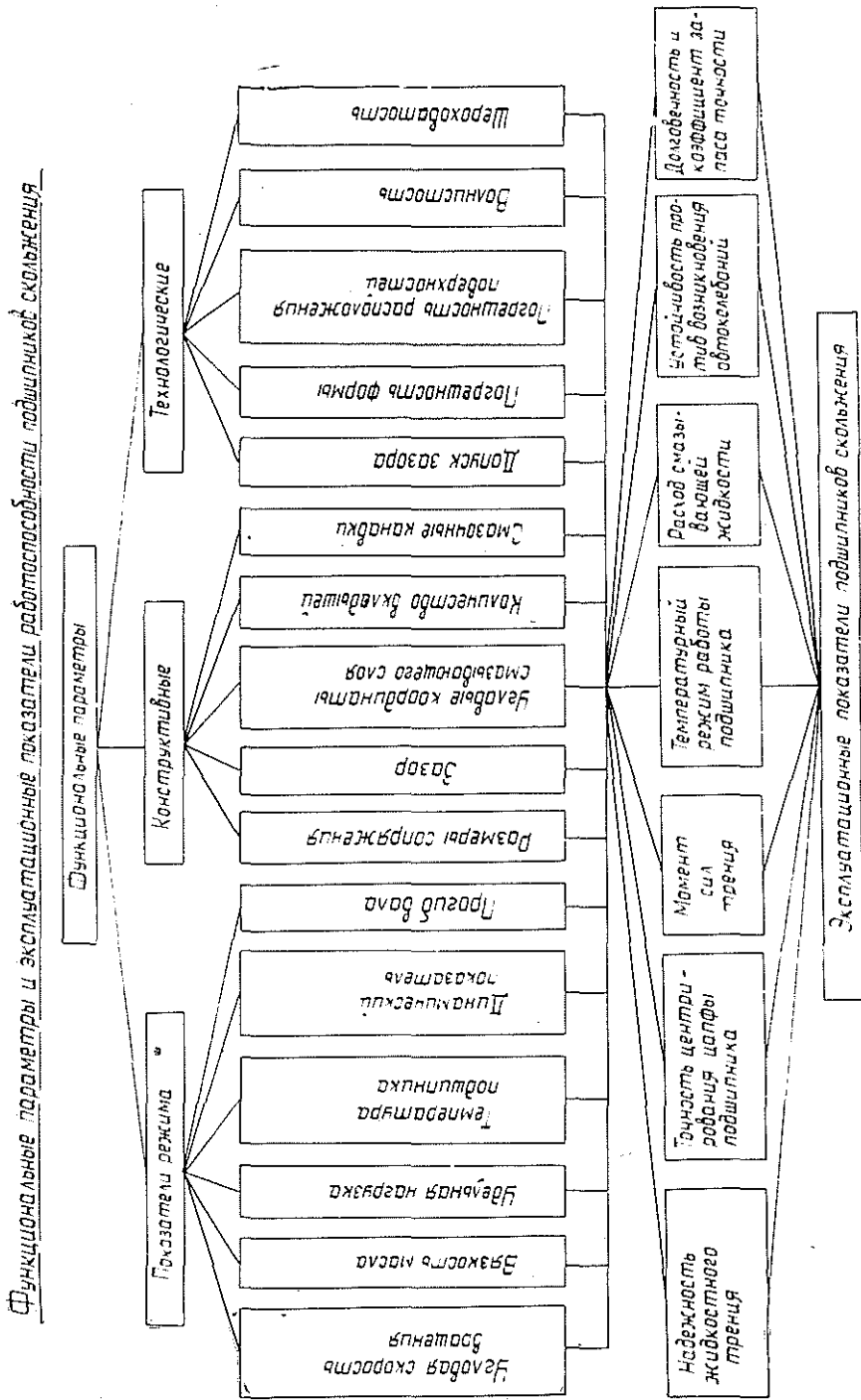


Рис. 1.



$$\Psi_{\min F} = \frac{0,5\Delta - \sqrt{(0,25k\Delta)^2 - 4m\Delta z_{ж.т}^2}}{2z_{ж.т}};$$

$$\Psi_{\max F} = \frac{0,5k\Delta + \sqrt{(0,5k\Delta)^2 - 4m\Delta z_{ж.т}^2}}{2z_{ж.т}},$$

где  $z_{ж.т} = \frac{h_{\min}}{l}$  — относительная толщина масляного слоя;

$k, m$  — безразмерные коэффициенты;

$\Delta = \frac{\mu\omega}{p}$  — характеристика режима ( $\mu$  — динамическая вязкость, Па·с;

$\omega$  — угловая скорость вращения вала в подшипнике, 1/с;

$p$  — среднее давление на опору, Па).

На рис. 2 представлены кривые зависимости толщины масляного слоя от зазора. Для подтверждения характера этих кривых нами была проведена экспериментальная работа по измерению толщины масляного слоя в широком диапазоне зазоров между трущимися поверхностями и диаметров подшипников скольжения.

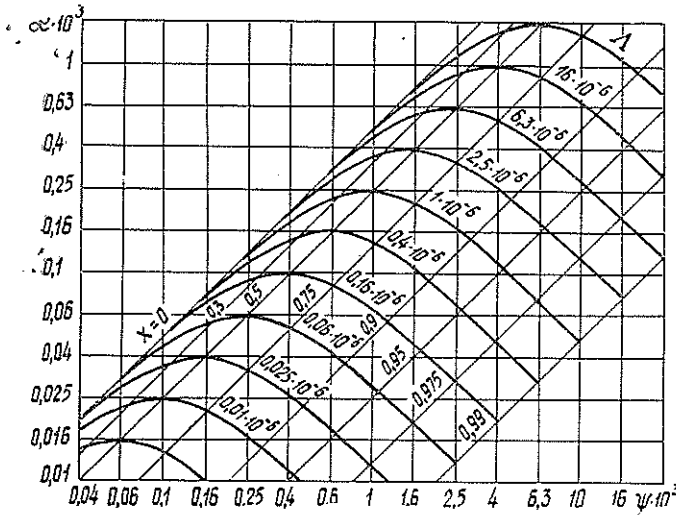


Рис. 2.

Как в нашей стране, так и за рубежом наиболее распространены индуктивный, емкостный и телеметрический методы измерения толщины масляного слоя.

По данным Д. С. Коднира [1], емкостный метод наиболее точен. На рис. 3 представлена схема измерения по этому методу.

Датчик 1—6 представляет собой электрический конденсатор, одной обкладкой которого является электрод, заделанный во вращающийся вал, другой — вкладыш подшипника 7. Диэлектриком служит смазочное масло. По углу поворота вала датчик непрерывно регистрирует изменение толщины масляного слоя по всей длине окружности, то есть определяет форму слоя.

Состоит датчик из электрода — стального стержня диаметром 3 мм, установленным во втулку, выполненную из корундовой керамики типа «Боркорунд» (состав 95%  $Al_2O_3 + 5\%$  минерализатора). Электрод вместе с втулкой устанавливали в резьбовую гайку, которую с торца ступенчатого сверления вала изолировали стеклотекстолитовой прокладкой. После установки электродов в вал выступающие над поверхностью шейки части гаек и втулок срезали и вал окончательно шлифовали до шероховатости  $R_a = 0,1$  мкм.

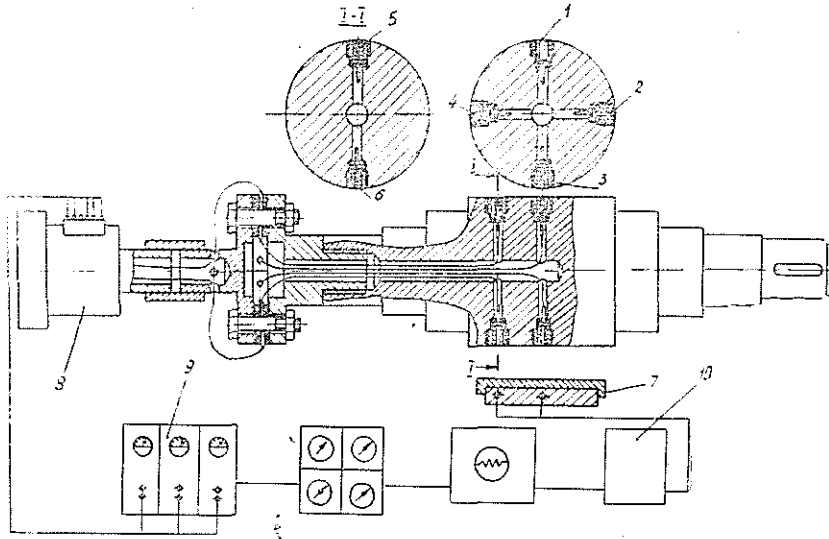


Рис. 3. Схема установки датчиков и измерения.

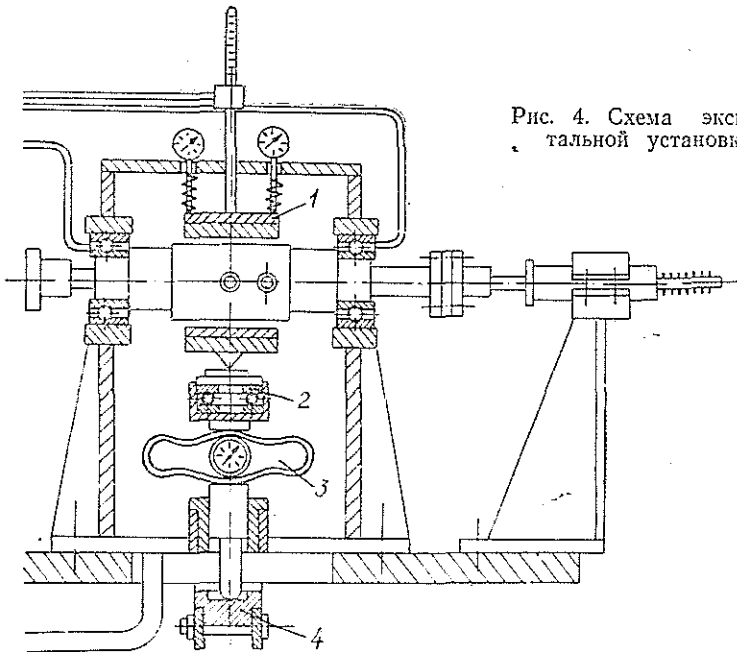


Рис. 4. Схема экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования проводили на подшипниках скольжения  $\varnothing 64; 80$  и  $100$  мм; диапазон исследуемых зазоров  $S = 0,03 \div 0,6$  мм; относительная длина подшипников  $\frac{l}{D} = \lambda = 0,4 \div 1,2$ . Часть вкладышей подшипников изготовляли из бронзы, а часть — из стали и заливали баббитом Б-83. В экспериментальные валы было вмонтировано по четыре электрода, равномерно расположенных по окружности. Электроды соединялись с ртутным токосъемником 8 при помощи проводников, проходящих во внутренней полости вала.

Электронный измеритель толщины масляного слоя 9 конструкции ИТС-3-НАТИ представляет собой прибор, работающий по принципу частотной модуляции. Он включает в себя генератор высокочастотных колебаний, ограничитель амплитуд, частотный детектор и дифференциальный усилитель постоянного тока. Связь между толщиной масляного слоя и выходным током электронного измерителя определяли тарировкой аппаратуры на специальном тарировочном устройстве. Изменение толщины масляного слоя преобразуется в изменение напряжения, которое регистрировалось при помощи магнитоэлектрического осциллографа 10.

Испытания производили на установке (часть установки представлена на рис. 4), разработанной и изготовленной в МВТУ при непосредственном участии автора. Ее конструкция предусматривает полную самодостаточную установку испытуемого подшипника 1 за счет опоры ножевого типа и упорного шарикоподшипника 2. Экспериментальный подшипник нагружали при помощи рычажного устройства 4 через мессдозу 3. Частота вращения вала — 1000—3000 об/мин; нагрузка, действующая на подшипник, — до 10 000 кН.

На рис. 5 приведены осциллограммы изменения толщины масляного слоя  $h$  по углу поворота вала  $\alpha$  при разных нагрузках. Как видно из осциллограмм, минимальная толщина масляного слоя в зависимости от нагрузки имеет разные величины и чем больше нагрузка, тем меньше  $h_{min}$ .

На установке были измерены следующие параметры: а) толщина масляной пленки — с помощью усилителя ИТС-3-НАТИ и шлейфового осциллографа Н-105; б) нагрузка на подшипник — с помощью динамометра ДОСМ 3-5; в) температура масла на входе в подшипник — с помощью термометра; г) число оборотов вала — с помощью тахометра.

Перед каждым исследованием измеряли шероховатость вала и вкладыша подшипника и обмеряли вал в комплекте с вкладышами. По результатам обмера определяли максимальные и минимальные зазоры в сопряжении, максимальные овальности и конусности.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований мы разрабатываем рекомендации по расчету посадок в подшипниках скольжения, повышающие их надежность и долговечность.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Коднир Д. С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин. М., «Машиностроение», 1976. [2]. Поздов И. Н. Экспериментальные исследования посадок с зазором. — ИВУЗ, «Машиностроение», 1970, № 8. [3]. Якушев А. И. Расчет посадок, обеспечивающий повышенную долговечность машин. — В сб.: Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. № 5, М., «Машиностроение», 1967.

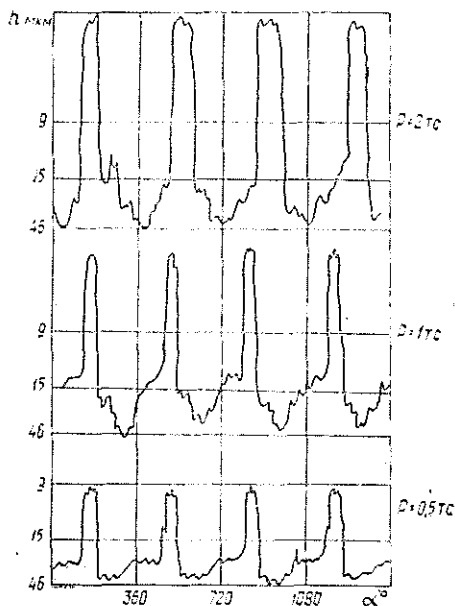


Рис. 5.

Поступила 23 июня 1977 г.

УДК 634.0.812.72

## ВЛИЯНИЕ СУЧКОВ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

В. П. ЛЕВЧЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Установлено, что при оценке влияния сучков на прочность древесины их размеры следует учитывать в относительных величинах; определен также поправочный коэффициент, учитывающий влияние сучков на прочность древесины.

В отечественной литературе мы не обнаружили данных о влиянии сучков на предел прочности при сжатии вдоль волокон круглых стержней строительных размеров. Такие данные необходимы при оценке качества строительных сортиментов по прочностным показателям [1] и при расчетах круглых элементов конструкций.

Для выяснения влияния здоровых сросшихся с древесиной сучков на предел прочности  $\sigma_{\text{сп}}$  при сжатии вдоль волокон подвергнуто испытаниям 766 круглых образцов, в том числе 383 контрольных (без сучков). Диаметр образцов  $D$  — от 5 до 27,9 см, размеры сучков в мутовках  $d$  — от 5 до 130 мм. Высота образцов принята равной двум диаметрам.

При оценке влияния сучков на показатели прочности древесины в соответствии с принятыми в действующих стандартах на круглые деловые сортименты способами измерения применено три варианта учета их размеров: по самому большому сучку в мутовке  $d_m$ , по относительному размеру самого большого сучка  $\frac{d_m}{D}$  и по сумме относительных размеров всех сучков в мутовке  $\frac{\sum d}{D}$ .

Первый способ нашел применение в практике, однако он не лишен недостатков: в мутовке учитывают абсолютный размер только самого большого сучка без более мелких, расположенных в том же сечении. Второй способ трудоемкий, но дает возможность учитывать относительные размеры сучка, сохраняя при этом недостаток первого способа. Более точным следует признать третий способ, конечно, при наличии зависимости между размерами сучков в одном сечении, диаметром образца и величиной снижения прочности.

При математической обработке результатов испытаний образцы для каждого способа учета размеров сучков рассортировывали по диаметрам на четыре партии. Средние размеры диаметров образцов первой партии — от 8,2 до 8,8 см, второй — от 10,7 до 12,1 см, третьей — от 15,6 до 16,8 см, четвертой — от 20,7 до 23,5 см. В зависимости от размеров сучков партии разделяли следующим образом: первую и четвертую на две группы, вторую и третью — на три группы так, что в группах различных партий средние учетные размеры сучков отличались незначительно.

По результатам испытаний установлено, что увеличение абсолютных размеров сучков при неизменном диаметре образцов вызывает

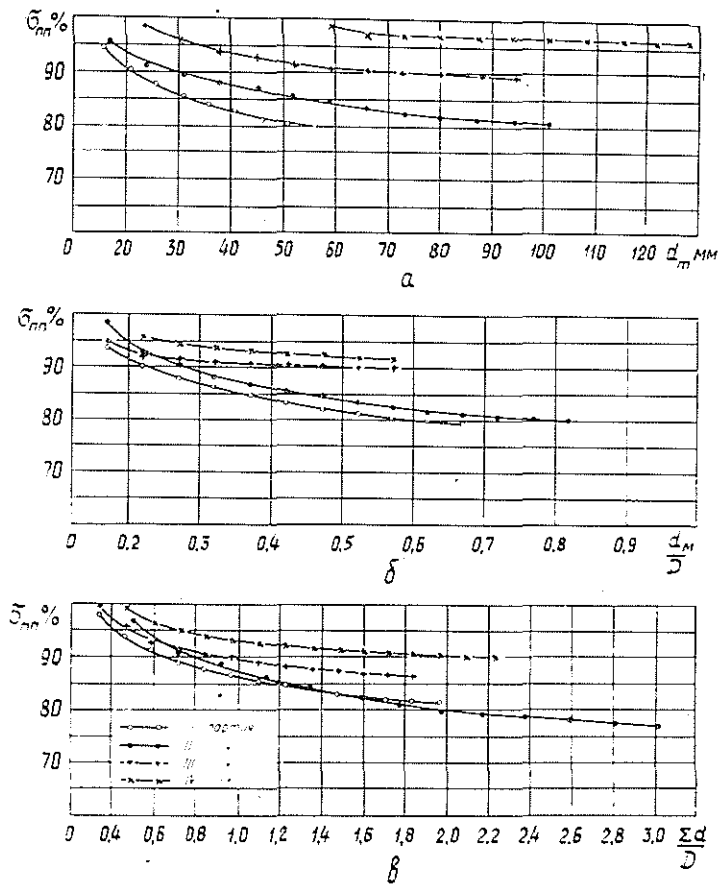


Рис. 1. Изменение предела прочности древесины сосны в круглых образцах различного диаметра при учете: *a* — абсолютных размеров самого большого сучка в мутовке; *б* — относительных размеров самого большого сучка в мутовке; *в* — суммы относительных размеров всех сучков в мутовке.

снижение предела прочности. При увеличении диаметра образцов отрицательное влияние сучков ощутимо уменьшается: для средних диаметров образцов 8,5; 10,9 и 16,7 см сучки  $d_m$  29; 27 и 30 мм снизили  $\sigma_{лн}$  соответственно на 13,8; 7,5 и 4,5%; для средних диаметров образцов 8,6; 11,5 и 15,9 см сучки  $d_m$  42; 47 и 51 мм уменьшили  $\sigma_{лн}$  на 15,7; 13,9 и 9,7%. При среднем диаметре образцов 21,4 см сучки  $d_m = 69$  мм снизили прочность на 4,6%, а при среднем диаметре образцов 24,1 см сучки  $d_m = 116$  мм уменьшили прочность всего лишь на 2,4%.

Зависимость между  $\sigma_{лн}$  и  $d_m$  представлена на рис. 1, *a*, и для испытанных партий образцов она описывается уравнениями

$$\begin{aligned}
 y_I &= 94,99 - 14,88 \lg x; \\
 y_{II} &= 96,51 - 13,65 \lg x; \\
 y_{III} &= 98,74 - 9,25 \lg x; \\
 y_{IV} &= 97,28 - 0,62 \lg x,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $y$  — предел прочности, %;  
 $x$  — условный диаметр сучка.

Как известно, в пиленных образцах с прямоугольным поперечным сечением сучки резко снижают прочность древесины при сжатии вдоль волокон [2]. При втором способе учета размеров сучков с увеличением отношения  $\frac{d_m}{D}$  прочность уменьшается. Зависимость между  $\sigma_{\text{пл}}$  и  $\frac{d_m}{D}$  показана на рис. 1, б и выражается уравнениями

$$\begin{aligned} y_I &= 94,85 - 14,70 \lg x; \\ y_{II} &= 98,29 - 16,18 \lg x; \\ y_{III} &= 94,33 - 4,70 \lg x; \\ y_{IV} &= 95,20 - 3,85 \lg x. \end{aligned} \quad (2)$$

Для партий образцов с разными диаметрами при учете относительных размеров самых крупных сучков различие в изменении  $\sigma_{\text{пл}}$  выражено меньше, чем при учете их абсолютных размеров.

Зависимость  $\sigma_{\text{пл}}$  от суммы относительных размеров всех сучков в мутовке показана на рис. 1, в и описывается выражениями

$$\begin{aligned} y_I &= 98,65 - 15,01 \lg x; \\ y_{II} &= 96,79 - 17,98 \lg x; \\ y_{III} &= 99,62 - 12,08 \lg x; \\ y_{IV} &= 98,87 - 7,84 \lg x. \end{aligned} \quad (3)$$

Проведенные испытания дают основание предложить поправочный коэффициент  $K_c$  (табл. 1), который учитывает влияние сучков на предел прочности при сжатии вдоль волокон и может быть использован при определении допускаемых напряжений для круглых стержней сосны.

Таблица 1

D см	Численные значения коэффициента $K_c$ при $\frac{\sum d}{D}$ , равном													
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
5—15	0,96	0,93	0,89	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77
16—28	0,98	0,95	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,86	—	—	—	—	—	—

Таким образом, при испытании значительного количества образцов строительных размеров обнаружено, что в образцах, диаметр которых превышает 20 см, мелкие и средние сучки снижают прочность на величину, не имеющую практического значения, а сучки, диаметр которых превышает 10 см, уменьшают прочность на 5—10%.

При оценке влияния сучков на прочность при сжатии вдоль волокон самым надежным следует считать учет их размеров в относительных величинах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лапиров-Скобло С. Я. Лесное товароведение. М., «Высшая школа», 1968. [2]. Перельгин Л. М. Влияние пороков на технические свойства древесины. М., Гослесбумиздат, 1949.

Поступила 18 января 1978 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.815—41

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ  
И НАБУХАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А. Н. КИПРИАНОВ, А. А. ЭЛЬБЕРТ, Ю. Д. ЮДКЕВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Установлены закономерности процессов поглощения воды и набухания древесностружечных плит, развиты представления о трехстадийном механизме указанных процессов, дано их математическое описание.

Для разработки научно обоснованных приемов гидрофобизации древесностружечных плит необходимо знать закономерности поглощения ими воды и связанного с этим изменения размеров плит.

Водопоглощение и набухание такой сложной структуры как древесностружечная плита обусловлено разнообразными процессами проникновения влаги в плиту, воздействием влаги на связующее и древесные частицы. Механизм этих процессов можно выяснить, изучив кинетику водопоглощения плит и их деформаций. С этой целью изучено поведение в воде образцов древесностружечных плит плотностью от 500 до 900 кг/см<sup>3</sup> с содержанием связующего 6—14%. Влажность образца замеряли с помощью гидровесов, без извлечения образцов из воды. Параллельно определяли набухание. Для каждой точки найдены значения текущей влажности и текущей скорости водопоглощения. Результаты обработаны на ЭЦВМ «Проминь».

Как установлено, водопоглощение и набухание древесностружечных плит происходят особенно интенсивно в начальный период, постепенно водопоглощение замедляется, а затем прекращается, при этом равновесие достигается за разные промежутки времени в зависимости от плотности плит и содержания связующего.

При построении зависимостей скорости водопоглощения и набухания от влажности обнаружено три периода, которые отличаются значением скорости процесса и характером ее изменения: *I* период — скорость от начальных высоких значений резко падает; *II* — скорость постоянна; *III* период — скорость с увеличением влажности уменьшается вплоть до полного прекращения процесса. На рис. 1 представлены характерные зависимости скорости водопоглощения плит от влажности.

Анализ полученных результатов позволил предложить следующий механизм водопоглощения: *I* период характеризуется заполнением поровых пространств между частицами древесины; *II* — процесс пропитки древесины во внешней диффузионной области; *III* период — процесс пропитки древесины во внутренней диффузионной области.

Для описания процесса водопоглощения необходимо определить не только характерные размеры поровых каналов плиты, но и их изменения в процессе водопоглощения. Учитывая сложность такой задачи, мы избрали путь статистической обработки экспериментального материала. Эмпирическое уравнение зависимости скорости водопоглощения в *I* периоде ( $U_{w_1}$ , кг/м<sup>2</sup>·с) от влажности ( $W$  в долях) имеет вид

$$U_{w_1} = 0,02 - 0,072 W. \quad (1)$$

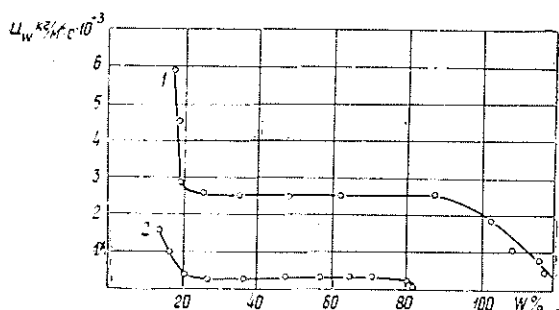


Рис. 1.

1 — плотность — 500 кг/м<sup>3</sup>, содержание связующего — 6%; 2 — плотность 700 кг/м<sup>3</sup>, содержание связующего — 12%.

Скорость водопоглощения на этой стадии зависит в первую очередь от влажности, но при высокой плотности (700—800 кг/м<sup>3</sup>) и большом содержании связующего (12—14%) закономерность нарушается и процесс протекает медленнее. Точка перегиба (переход ко II периоду) сдвигается в сторону меньшей влажности при увеличении плотности и повышении содержания связующего; в таком материале большая часть поровых каналов перекрыта связующим веществом.

II период характеризуется высокой постоянной скоростью диффузии и наличием гидродинамических ограничений, являющихся следствием защиты поверхности древесины связующим. Скорость водопоглощения во II периоде зависит только от содержания связующего ( $C\%$ ) и не зависит от плотности плит. Статистически выведенная зависимость имеет вид

$$\frac{1}{U_{w_2}} = (C - 5,6) \cdot 10^3. \quad (2)$$

Коэффициент 5,6 можно рассматривать как минимальное количество связующего, влияющее на водопоглощение.

Рассматривая III период, протекающий во внутренней диффузионной области, можно определить скорость диффузии через основное уравнение массоотдачи. При этом за определяющую поверхность принимаем общую поверхность частиц, а в качестве движущей силы — разность равновесной и текущей влажности. По экспериментальным данным, коэффициент массоотдачи ( $\beta$  кг/м<sup>2</sup>·с) зависит только от плотности плиты ( $\rho$  кг/м<sup>3</sup>). Эта зависимость может быть выражена в форме квадратического полинома

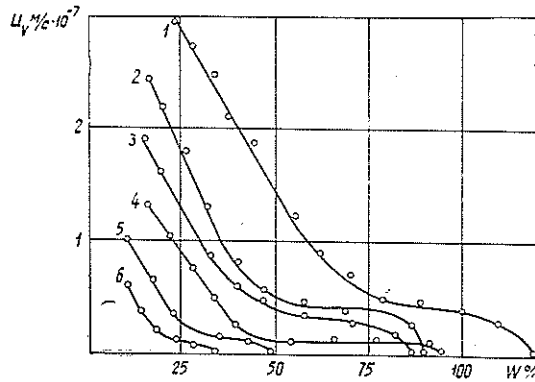
$$\beta = 6,697 - 1,25 \cdot 10^{-2} \rho + 7 \cdot 10^{-6} \rho^2. \quad (3)$$

Набухание плит — следствие поглощения влаги главным образом древесиной. Поэтому оно становится заметным во II периоде водопоглощения, причем скорость набухания быстро снижается по мере поглощения влаги и приближения к равновесному состоянию (рис. 2). Как следует из экспериментальных данных, вслед за этим равновесная точка начинает смещаться в сторону большей влажности и скорость набухания сохраняется постоянной. Вероятно, в этот период разрушаются связи связующего с древесиной и поверхность для проникновения влаги увеличивается. Когда большая часть поверхности открыта для влаги (III период), закон постоянства скорости набухания нарушается и она начинает падать вплоть до полного прекращения набухания. Мы предлагаем описывать процесс набухания как функцию



Рис. 2. Зависимость скорости набухания плит от влажности.

1, 2, 3 — содержание связующего — 10%, плотность — соответственно 500, 700, 900 кг/м<sup>3</sup>; 4, 5, 6 — содержание связующего — 14%, плотность — соответственно 500, 700, 900 кг/м<sup>3</sup>.



движущей силы — разности между равновесной и рабочей влажностью плиты.

Коэффициент набухания в I периоде ( $K_{V_1}$ , м/с) на основании регрессионного анализа можно представить в форме зависимости от плотности плит и содержания связующего

$$K_{V_1} = 13,05 \cdot 10^{-7} (1 - 0,34 \cdot 10^{-3} \rho - 0,029C). \quad (4)$$

Во II периоде скорость набухания ( $U_{V_2}$ , м/с) зависит только от содержания связующего и регрессионное уравнение имеет вид

$$U_{V_2} = 0,042 \cdot 10^{-7} (16,36 - C). \quad (5)$$

На основании эксперимента предельный объем набухания

$$V_{пр} = 6,53 [1,53 + \rho (14 - C) \cdot 10^{-3}] \%. \quad (6)$$

При содержании связующего более 14% предельное набухание не зависит от плотности плит. Полученные результаты подтвердили известные данные о снижении предельного набухания плит с увеличением содержания связующего. При повышении плотности плит набухание по толщине увеличивается. Однако при содержании связующего более 12% эта закономерность нарушается, и в опытах для 14%-ного содержания связующего при увеличении плотности плит, начиная с 600 кг/м<sup>3</sup>, набухание уменьшается и выражается в минимальных величинах.

Проведенные исследования показали, что поглощение воды в I периоде можно замедлить уменьшением объема поровых каналов за счет повышения плотности плиты и перекрытием их связующим или гидрофобизатором. Уменьшение скорости поглощения воды во II периоде связано со степенью покрытия поверхности древесных частиц связующим, прочностью взаимодействия его с древесиной и адгезионной прочностью, а также заполнением капилляров древесины гидрофобизатором. В III периоде скорость поглощения воды зависит, в основном, от прочности адгезионного взаимодействия связующего с древесиной.

Предложенные зависимости позволяют прогнозировать водостойкость древесностружечных плит в зависимости от основных технологических факторов.

УДК 674.047.45 : 66.096.5

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УНОСА ЧАСТИЦ ИЗ АППАРАТА ПРИ ИХ СУШКЕ В ГАЗОМЕХАНИЧЕСКОМ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

В. П. ВОРОБЬЕВ

Брянский технологический институт

Изучены некоторые закономерности уноса материала из аппарата при сушке в газомеханическом псевдоожигенном слое.

Одна из главных задач при производстве древесностружечных плит — получение плит с мелкоструктурной поверхностью. При этом для изготовления мелких частиц требуются дополнительные затраты [5]; такие частицы можно получить также путем сепарации полидисперсного состава древесной стружки.

По данным многих исследований [1—4], применение псевдоожигенного слоя древесных частиц дает возможность совместить операции их сушки и сепарации. Анализ литературных данных [3, 4] и наши исследования [2] позволяют выделить основные моменты уноса материала из газомеханического псевдоожигенного слоя: 1) кипящий слой и газомеханическое псевдоожигение характеризуются интенсивным движением пузырей, выбрасывающих на значительную высоту в надслоевом пространстве как мелкие, так и крупные частицы; 2) в результате большой порозности слоя происходит интенсивная миграция «пыли» к его поверхности; 3) движущая сила уноса — положительная разность скоростей газа  $V_r$  в надслоевом пространстве и витания частиц  $V_b$ , то есть унос из слоя начинается при

$$V_r - V_b > 0. \quad (1)$$

Величину необходимой для псевдоожигения скорости газа агента сушки рассчитывают относительно средней скорости витания [2].

По данным [1], скорость витания тонких частиц  $V_b$  даже при высокой их влажности меньше величины  $V_r$ , соответствующей скорости псевдоожигения. Эти частицы покинут псевдоожигенный слой и аппарат раньше, чем влажность их уменьшится до заданной конечной влажности стружки.

Расчет эффективных параметров процесса сушки и сепарации возможен только при наличии достаточно надежных как количественных, так и качественных зависимостей: влияние влажности стружки в камере  $W_{стр}$  на величину уноса и изменение средней влажности уноса  $W_l$  при уменьшении  $W_{стр}$ .

Исследование зависимостей при уносе из газомеханического псевдоожигенного слоя проводили на экспериментальной установке (рис. 1). Скорость газа в камере определяли по выражению

$$V_r = \bar{V}_{тр} \frac{F_{тр}}{F_k}, \quad (2)$$

где  $\bar{V}_{тр}$  — средняя скорость в расходомерной трубе, определенная по известной методике [7];

$F_{тр}$ ,  $F_k$  — площади поперечных сечений расходомерной трубы и камеры.

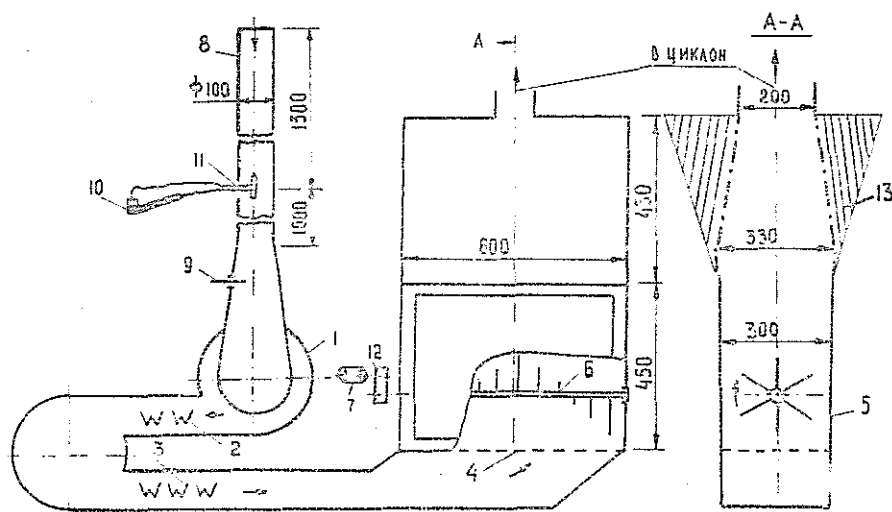


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования уноса из газомеханического псевдооживленного слоя.

1 — вентилятор ВД-4; 2, 3 — нагреватели; 4 — газораспределительная решетка; 5 — камера; 6 — каналоразрушитель; 7 — привод каналоразрушителя; 8 — расходомерная труба; 9 — шибер; 10 — тягонапормер ТНЖ; 11 — пневмометрическая трубка; 12 — привод каналоразрушителя; 13 — зона.

Для быстрого определения скорости газа в камере использовали график зависимости  $V_T$  от динамического давления  $P_d$  в центре расходомерной трубы.

Как видно из рис. 1, верхняя часть камеры — зона сепарации — имеет наклонные стенки для снижения скорости газа над слоем и, следовательно, для уменьшения уноса. Однако расчеты, выполненные по методике [8], показывают, что границы потока газа и зоны с  $V_T = 0$ , ограниченные на рисунке пунктирными линиями, не совпадают со стенками камеры сепарации. Следовательно, практически унос изучали в аппарате с вертикальными стенками.

Для экспериментов брали стружку, изготовленную по схеме: рубильная машина — центробежный стружечный станок. Фракционный состав (средние арифметические значения шести анализов) и размеры частиц (средние арифметические 20—30 замеров) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размер частиц	Численные значения размера частиц, мм, для фракции							
	-/10	10/7	7/5	5/3	3/2	2/1	1,0/5	20,5/0
	при количестве частиц, %							
	0,9	2,6	8,3	25,1	39,6	20,5	3,5	8,0
Длина	29,8	19,7	14,2	12,4	7,2	3,5	—	—
Ширина	8,8	4,7	2,6	1,7	1,1	0,6	—	—
Толщина	0,88	0,61	0,46	0,36	0,22	0,09	—	—

Опыты проводили при сушке воздухом, нагретым до температуры 130°C. В камере после сушки масса материала в абс. сухом состоянии составляла 2210—4664 г. Эксперименты выполняли при двух значениях  $V_k$ : при скорости начала псевдооживления (для принятого вида частиц)  $W'_{кр} = 0,7$  м/с и скорости «развитого псевдооживления»  $W''_{кр} = 1,1$  м/с.

Унос вычисляли по формуле

$$Y = \frac{m_{\text{п}}^0}{m_{\text{п}}^0 + m_{\text{с}}^0} 100\%, \quad (3)$$

где  $m_{\text{п}}^0$  и  $m_{\text{с}}^0$  — масса пыли в циклоне и стружки в камере в абс. сухом состоянии после сушки.

Результаты представлены на рис. 2 и 3, из которых виден существенный разброс экспериментальных точек. При обработке этих дан-

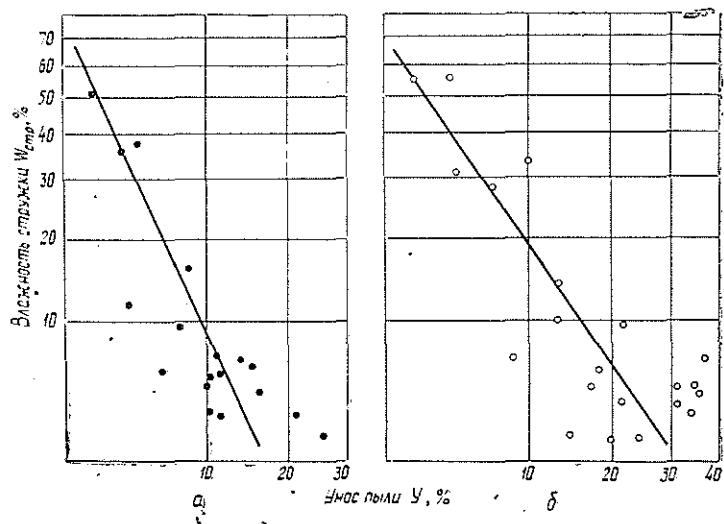


Рис. 2. Зависимость уноса пыли от влажности стружки в камере.

а — при скорости газа 0,7 м/с; б — при 1,1 м/с.

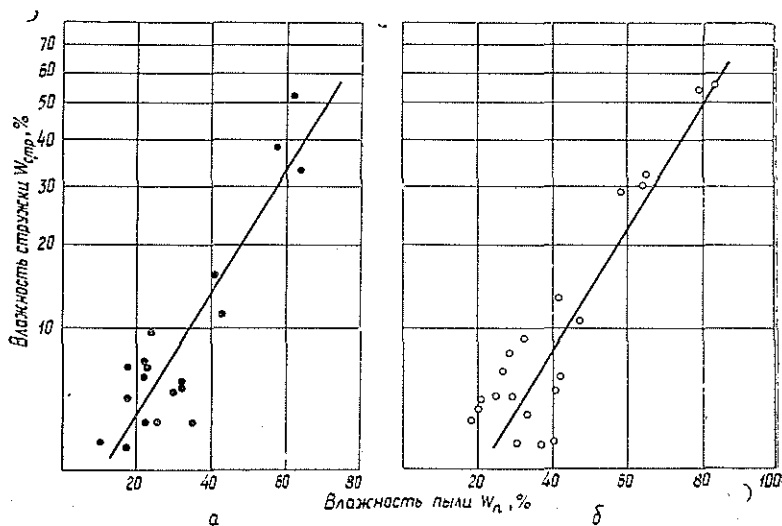


Рис. 3. Зависимость влажности пыли от влажности стружки в камере.

а — при скорости газа 0,7 м/с; б — при 1,1 м/с.

ных по методике [6] получили, что зависимость величины уноса пыли от влажности стружки в камере описывается уравнениями регрессии

$$\lg Y = 1,64 - 0,80 \lg W_{\text{стр}}; \quad (4)$$

$$\lg Y = 1,78 - 0,68 \lg W_{\text{стр}} \quad (5)$$

соответственно для скоростей газа при начальном и развитом псевдоожигении. Коэффициент корреляции для уравнения (4) равен 0,8, для уравнения (5) — 0,9.

Изменение средней влажности уносимых частиц (влажность пыли) при высухании стружки также закономерно и описывается уравнениями

$$W_{\text{п}} = 47,6 \lg W_{\text{стр}} - 8,1; \quad (6)$$

$$W_{\text{п}} = 47,6 \lg W_{\text{стр}} - 2,0 \quad (7)$$

соответственно для первой  $W'_{\text{кр}}$  и второй  $W''_{\text{кр}}$  критических скоростей агента сушки. Коэффициенты корреляции для уравнений (6) и (7) соответственно равны 0,74 и 0,83.

Проверка значимости коэффициентов корреляции для всех уравнений доказывает, что зависимости величин  $Y$  от  $W_{\text{стр}}$  и  $W_{\text{п}}$  от  $W_{\text{стр}}$  прямолинейны: первые — в логарифмическом масштабе, вторые — в полулогарифмической анаморфозе ( $W_{\text{стр}}$  — в логарифмическом масштабе).

Полученные закономерности позволяют утверждать, что сушку стружки в газомеханическом псевдоожигенном слое целесообразно проводить в двух- или трехсекционном аппарате. В последней ступени тонкие частицы должны досушиться при малой величине скорости агента ожигения, рассчитанной относительно скорости витания «пылевидных» частиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Архангельский В. Д. Аппараты для сушки сыпучей древесины. М., «Лесная промышленность», 1970. [2]. Воробьев В. П. Методика расчета основных гидродинамических параметров газомеханического кипящего слоя. — В сб.: Производство древесных плит. Вып. 9. Балабаново, ВНИИдрев, 1976. [3]. Дэвидсон И. Ф., Харрисон Д. Псевдоожигение. Пер. с англ. Под ред. Н. И. Гельперина. М., «Химия», 1974. [4]. Забродский С. С. Гидродинамика и теплообмен в псевдоожигенном слое. М., Госэнергоиздат, 1963. [5]. Завражинов А. И. и др. Производство древесностружечных плит с мелкоструктурной поверхностью. — «Фанера и плиты». Реф. информ. М., 1975, № 2. [6]. Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М., 1971. [7]. Святков С. Н. Пневматический транспорт измельченной древесины. М., «Лесная промышленность», 1966. [8]. Теория и расчет вентиляционных струй. Сборник трудов ВНИИ охраны труда. Л., 1965.

Поступила 23 января 1978 г.

УДК 674.815-41:668.44

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ИХ ОСНОВЕ

А. А. ЭЛЬБЕРТ, Л. П. КОВРИЖНЫХ, В. В. ВАСИЛЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия, ВНИИдрев

Проведены сравнительные исследования процесса отверждения нескольких марок фенолоформальдегидных смол при различных условиях обработки. Исследованы показатели физико-механических свойств древесностружечных плит на основе этих смол.

Спрос на древесностружечные плиты (ДСП), пригодные для наружного использования, увеличивается. В связи с этим вопросы повышения гидрофобности и атмосферостойкости плит приобретают особое значение. Применение фенолоформальдегидных смол в качестве связующего в производстве ДСП — одно из наиболее реальных направлений увеличения их водостойкости и атмосферостойкости [3].

Цель данной работы — сравнительное исследование фенолоформальдегидных смол различных марок: СФЖ-3011 (С-1), СФЖ-3013 (ЦНИИФ-водостойкая), СФЖ-3014 (ЦНИИФ-атмосферостойкая), СФЖ-3024 (ЛАФ-3) [2]. СФЖ-3014 и СФЖ-3024 рекомендованы для использования в производстве ДСП, СФЖ-3011 и СФЖ-3013 не применяются из-за санитарно-гигиенических и физико-химических свойств; поэтому их рассматривали для сравнения и определения оптимальных условий получения водостойких плит.

Данные физико-химических свойств фенолоформальдегидных смол различных марок приведены в табл. 1. Анализ приведенных данных показал, что наибольшее количество реакционно-способных метилольных групп —  $\text{СН}_2\text{ОН}$  содержится в смоле СФЖ-3014.

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей для смолы			
	СФЖ-3011	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3024
Концентрация смолы, %	44,4	41,6	46,4	34,4
Растворимость в воде, %	100	100	100	100
pH водной вытяжки	10,20	11,05	11,42	10,90
Содержание щелочи, %*	6,53	10,79	12,74	11,15
Содержание метилольных групп, %	18,6	19,4	30,2	23,6
Вязкость, с	210,0	102,0	91,0	82,0

\* Содержание щелочи в смоле рассчитывали на абс. сухую смолу.

В дальнейшем исследовали образцы смол, отвержденных при различных режимах термообработки. Процесс отверждения изучали по времени отверждения, растворимости в воде, величине щелочности

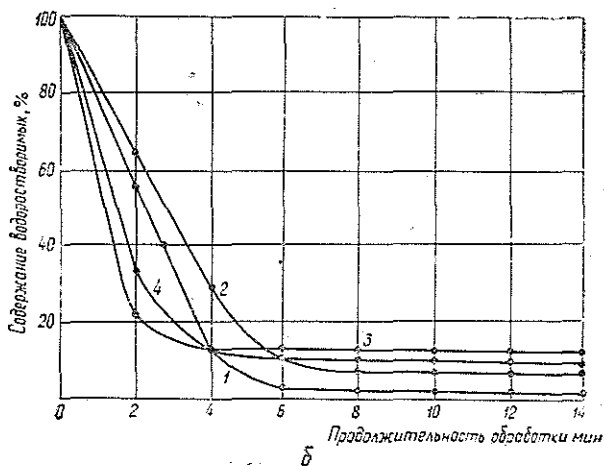
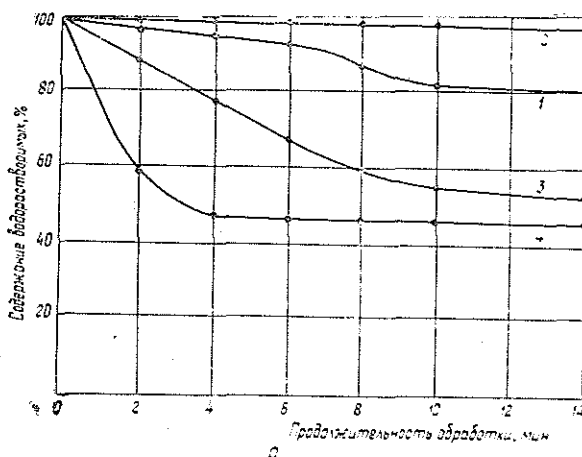
смол и количеству метилольных групп. Все анализы проводили для образцов, высушенных под вакуумом при  $T = 40^\circ\text{C}$  и затем подвергнутых термообработке при 105; 140; 160 и  $180^\circ\text{C}$  в течение 2—14 мин с интервалом в 2 мин. Выбор режима обработки обусловлен тем, что прессование ДСП обычно ведется при  $140\text{--}180^\circ\text{C}$ ;  $105^\circ\text{C}$  — температура середины пакета. Данные о длительности отверждения различных смол в зависимости от условий термообработки приведены в табл. 2, из которой видно, что наибольшая скорость отверждения у СФЖ-3014 и СФЖ-3024.

Таблица 2

Смола	Длительность отверждения, с, при температуре, $^\circ\text{C}$			
	105	140	160	180
СФЖ-3011	50,0	37,0	27,0	21,4
СФЖ-3013	55,0	29,0	22,6	19,1
СФЖ-3014	27,0	19,8	17,6	15,8
СФЖ-3024	24,1	21,4	21,0	16,6

Рис. 1. Изменение содержания водорастворимых веществ в отвержденных смолах.

*a* — при  $105^\circ\text{C}$ ; *б* — при  $160^\circ\text{C}$ ;  
 1 — СФЖ-3011; 2 — СФЖ-3013;  
 3 — СФЖ-3014; 4 — СФЖ-3024.



Один из надежных критериев оценки степени отверждения фенолоформальдегидных олигомеров — содержание водорастворимой фракции (рис. 1). Результаты показали, что процесс поликонденсации СФЖ-3011 и СФЖ-3013 при 105°C идет очень медленно. Использование смол этих марок не обеспечит необходимой прочности и водостойкости ДСП в результате недостаточного отверждения связующего во внутренних слоях плиты. Более глубокую степень отверждения после термообработки при 105°C имеют СФЖ-3014 и СФЖ-3024. Но и в этом случае водостойкость отвержденных смол недостаточна. При повышении температуры обработки резко увеличивается глубина отверждения всех смол.

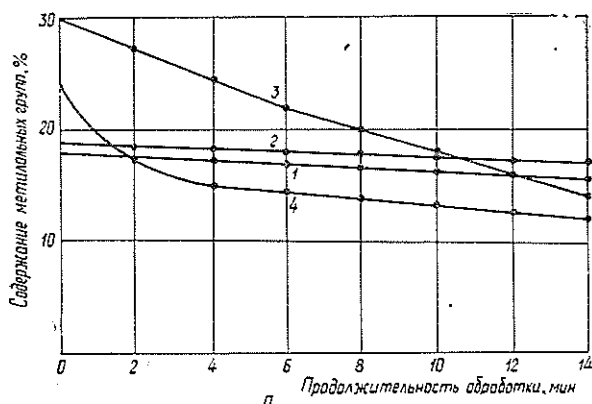
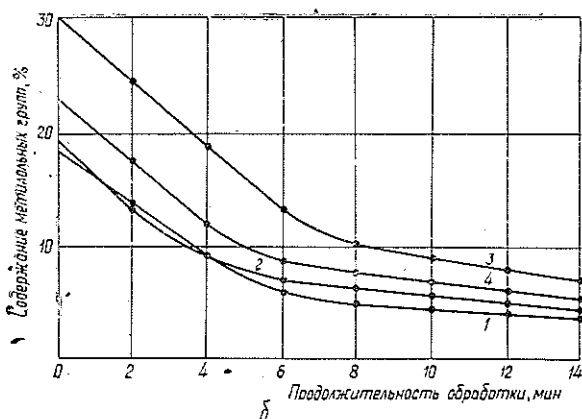


Рис. 2. Изменение содержания метилольных групп в отвержденных смолах.

а — при 105°C; б — при 160°C;  
1 — СФЖ-3011; 2 — СФЖ-3013;  
3 — СФЖ-3014; 4 — СФЖ-3024.



Для более полного представления о степени отверждения связующего определяли содержание метилольных групп в смолах, подвергнутых обработке при 105 и 160°C (рис. 2). Кратковременное воздействие термообработки (до 6 мин) почти во всех случаях вызывает незначительное изменение содержания групп  $-\text{CH}_2\text{OH}$ . С увеличением продолжительности термообработки заметно уменьшается количество метилольных групп у СФЖ-3014 и СФЖ-3024, т. е. еще раз доказали предположение, что СФЖ-3011 и СФЖ-3013 не отверждаются в достаточной мере. Поскольку смола СФЖ-3014 имеет наибольшее коли-



чество метилольных групп, способных к дальнейшему превращению, она более глубоко отверждается, что и наблюдается при 160°C.

Исследовали изменение щелочности отвержденных фенолоформальдегидных смол, поскольку их водостойкость зависит от этого показателя. Повышенная щелочность отрицательно сказывается на водостойкости самого связующего и плит на его основе.

Данные зависимости щелочности фенолоформальдегидных смол от условий термообработки представлены в табл. 3. Сравнительный анализ фенолоформальдегидных смол позволил выявить преимущества СФЖ-3014.

Таблица 3

Смола	Содержание щелочи, %, в смоле					
	исходной	при продолжительности обработки, мин				
		2	4	6	10	14
СФЖ-3011	6,53	6,66	6,79	6,58	6,72	6,75
	6,53	5,41	4,15	4,00	3,93	3,93
СФЖ-3013	10,79	11,30	10,98	11,19	11,18	11,23
	10,79	6,12	4,75	3,98	2,04	2,07
СФЖ-3014	12,74	13,05	13,23	13,39	13,37	13,30
	12,74	13,18	12,92	12,91	9,51	9,47
СФЖ-3024	11,15	9,22	8,75	8,40	7,15	6,57
	11,15	5,20	4,58	4,76	4,00	3,32

Примечание. В числителе данные при температуре 105°C; в знаменателе — при 160°C.

Таблица 4

## Показатели физико-механических свойств древесностружечных плит

Показатели	Численные значения показателей для связующего				
	СФЖ-3011	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3024	КС-68М
Без обработки					
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	21,41	21,47	26,85	28,62	22,56
Разбухание, %	54,0	69,3	26,1	20,5	22,9
Водопоглощение, %	104,3	110,9	76,3	64,8	98,7
Обработка горячей водой при 70°C в течение 6 ч					
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	6,54	6,71	14,10	12,21	Расслоились
Разбухание, %	85,1	90,9	35,8	34,4	"
Водопоглощение, %	116,1	119,0	78,7	67,9	133,2
Кипячение в течение 2 ч					
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	2,12	3,01	10,45	9,16	Расслоились
Разбухание, %	98,6	99,7	41,5	49,8	"
Водопоглощение, %	141,4	132,6	80,7	76,4	148,1

Для сравнения связующих были изготовлены однослойные ДСП плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>. Содержание связующего составляло 12% к массе сухой древесины, температура прессования — 160°C, время прессования — 0,5 мин/мм толщины готовой плиты, толщина плиты — 10 мм. При использовании СФЖ-3014 и СФЖ-3024 получены плиты с лучшими прочностными характеристиками и водостойкостью (табл. 4).

Атмосферостойкость ДСП определяли методами искусственного старения: после обработки плит горячей водой (70°C) в течение 6 ч и кипячения образцов в течение 2 ч. Измеряли разбухание, водопоглощение и предел прочности при статическом изгибе опытных образцов ДСП [1] после обработки методами ускоренного старения.

Испытания показали, что древесностружечные плиты на основе мочевиноформальдегидной смолы имеют удовлетворительные результаты механической прочности, но не выдерживают испытаний на ускоренное старение (табл. 4). Большой атмосферостойкостью обладают образцы ДСП при использовании в качестве связующего фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3014.

Анализ показал, что использование жидкой фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3014 позволяет получить древесностружечные плиты с лучшими прочностными показателями и удовлетворительной водостойкостью по сравнению с мочевиноформальдегидной смолой. Водостойкость смолы СФЖ-3014 и древесностружечных плит на ее основе можно повысить углублением реакции поликонденсации при температуре 100—105°C и снижением щелочности смолы.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Плиты древесностружечные. ГОСТ 10636—70. [2]. Смолы фенолоформальдегидные жидкие. ГОСТ 20307—75. [3]. Naugreen I. G. Use of particleboards for housing manufacture in Sweden and Finland. — «Forest Products Journal», 1973, 23, 10, 14—17.

Поступила 4 июля 1977 г.

УДК 668.44:661.73

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАБ-СМОЛ ДЛЯ СИНТЕЗА БЕНЗИЛБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ

О. К. ЗАВЬЯЛОВА, Т. А. СОКОЛОВА, А. А. ЛИВЕРОВСКИЙ,  
М. Я. ЗАРУБИН, К. С. ШНЕЙДЕР, Р. Э. ИООНАС,  
Н. Д. СЕРЕБРЯННИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия, НИИ Сланцев,  
Сланцево-перерабатывающий комбинат

Даны сведения по качественному и количественному составу ПАБ-смола — сырья для производства заменителей каинфолы.

Ранее [1, 4] была показана возможность синтеза бензилбензойных кислот (ББК), стоимость которых составляет от 150 до 400 р. за 1 т. Синтез ББК включал стадию получения диарилметанов.

При промышленном алкилировании бензола пропиленом наряду с основным продуктом получается смесь высококипящих углеводородов-полиалкилбензолов (ПАБ). ПАБ-смола — отход производства стоимостью 20 р. за 1 т — состоит приблизительно на 60% из замещенных дифенилалканов [2, 3]. Следовательно, при использовании этого сырья исключается первая стадия синтеза ББК. Из ПАБ-смола были

выделены фракции с различной температурой кипения от 200 до 340°C. Фракции окисляли азотной кислотой в различных условиях.

Опытным путем установлено, что фракции с температурой кипения 200—270°C давали низкий выход кислот, обладающих к тому же слабой проклевывающей способностью. Наилучшие результаты были получены при работе с фракцией 270—340°C (ее выход от ПАБ-смолы составлял 70—80%), имеющей следующие характеристики:  $d_4^{20} = 0,975$ ;

$n_D^{20} = 1,5609$ ; бромное число  $\sim 1 \frac{\text{г Br}}{100\text{г}}$ ; элементный состав — 90,8% С; 9,3% Н.

Окисление фракций ПАБ проводили следующим образом. В трехгорлую круглодонную колбу, снабженную мешалкой и обратным холодильником, загружали азотную кислоту и ПАБ-смолу. Мольные соотношения ПАБ:  $\text{HNO}_3$  как 1 : 6. Включали мешалку и обогрев и процесс вели в течение 6—12 ч при температуре 98°C. Контроль осуществляли по изменению концентрации азотной кислоты. Образующиеся окислы азота поглощались раствором щелочи с получением солей.

По окончании окисления азотную кислоту сливали. Продукты реакции растворяли в 2 н. растворе едкого натра. Щелочной раствор экстрагировали эфиром (отделение

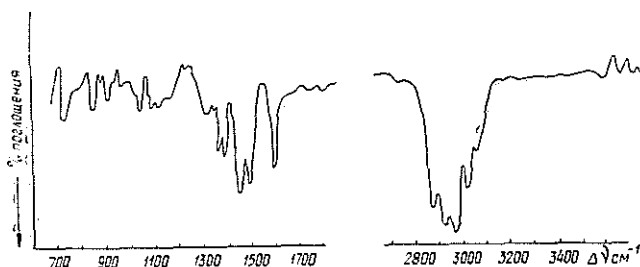


Рис. 1.

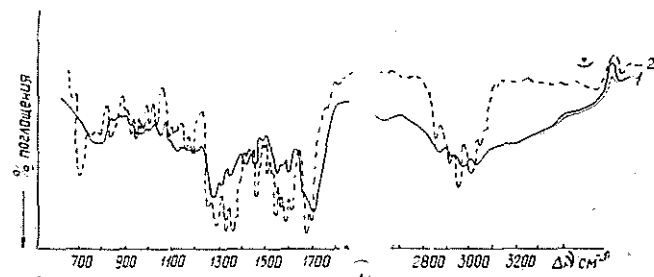


Рис. 2.

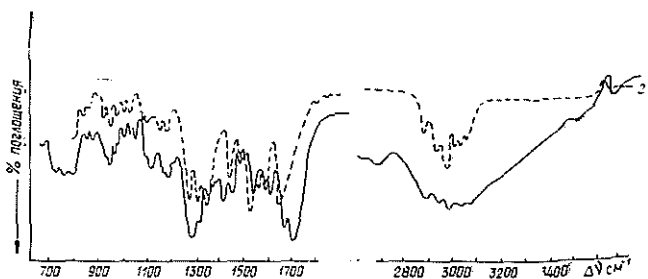


Рис. 3.

Номер опыта	Концентрация $\text{HNO}_3$ , %		Температура реакции, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность окисления, ч	Выход, %	
	исходной	отработанной			БК	Нейтральные
1	49,0	20,0	98	6	54,0	55,0
1*	50,0	46,0	98	6	38,0	47,7
2	38,0	26,5	98	6	56,0	40,0
2*	37,5	34,0	98	6	43,0	48,5
3	38,0	25,0	98	12	56,0	38,0
4	38,0	23,0	110—120	6	56,0	44,0
5	37,5	$\frac{18,0^{**}}{30,0}$	98	12	55,6	44,8
5*	37,5	34,0	98	6	40,0	47,2

Примечание. Одной звездочкой обозначены опыты повторного окисления нейтральной  $\text{HNO}_3$  после 6 ч окисления; в знаменателе — концентрация отработанной  $\text{HNO}_3$  (нейтральных продуктов) и подкисляли соляной кислотой до  $\text{pH}=1$ . Выпавшие кислоты извлекали эфиром. Эфирный раствор кислот промывали водой до нейтральной реакции промывных вод, эфир отгоняли, кислоты сушили в вакууме до постоянного веса.

Условия окисления ПАБ-смолы азотной кислотой, выходы и характеристика БК из фракции 270—340 $^{\circ}\text{C}$  приведены в табл. 1. Выход БК составил около 50% от исходной фракции ПАБ.

Изменение условий окисления (концентрация азотной кислоты — от 33,5 до 50%, длительность окисления — от 6 до 12 ч, температура реакции — от 98 до 120 $^{\circ}\text{C}$ , а также замена отработанной кислоты на свежую порцию) не оказывали существенного влияния на выход БК.

При окислении выделенных нейтральных-I в тех же условиях получено еще 40% кислот от загрузки (табл. 1). Суммарный выход кислот составил около 75% от загрузки исходной фракции ПАБ-смолы. Окисление сопровождалось также образованием простейших ароматических кислот.

В результате окисления ПАБ мы получили сложную смесь кислот, элементный анализ которой показывает наличие нитрогруппы в каждой молекуле кислоты и смесь нейтральных продуктов различного состава, содержащих нитрогруппу в каждой молекуле дифенилалкана, что подтверждается также спектральными характеристиками.

На рис. 1 приведен ИК-спектр исходной ПАБ-смолы, на рис. 2 — ИК-спектры БК-I (кривая 1) и нейтральных-I (кривая 2, опыт 2), на рис. 3 — ИК-спектры БК-II (кривая 1) и нейтральных-II (кривая 2, опыт 2\*). ИК-спектр исходной ПАБ-смолы содержит полосы поглощения бензольного кольца 1500, 1580, 1620 и 1680  $\text{cm}^{-1}$ .

Сравнение ИК-спектров ПАБ и кислот на его основе показывает четкое появление полосы 1690—1710  $\text{cm}^{-1}$ , характерной для  $\text{Ag}-\text{COOH}$  [5]. Для ИК-спектров всех образцов после окисления характерно наличие полосы поглощения 1700  $\text{cm}^{-1}$ , для спектра нейтральных-I — наличие полосы 1660—1670  $\text{cm}^{-1}$ , по-видимому, характерной для карбонильной группы типа:  $\text{Ag}-\text{C}-\text{Ag}$ .



Полосы поглощения ниже 900 и 1380, 1460, 2970 и 2880  $\text{cm}^{-1}$ , характерные для метильных групп, после окисления становятся менее интенсивными. На ИК-спектрах БК-I и II и нейтральных-I и II полоса поглощения 1560  $\text{cm}^{-1}$  может быть отнесена к валентным колебаниям нитрогруппы.

Таблица 1

Кислотное число	Температура плавления, °С	Элементный состав, %				Степень проклейки, мм
		С	Н	О	Х	
160	59	—	—	—	—	—
244	45	—	—	—	—	2,0
160	59	74,00	6,10	15,20	4,70	—
233	45	—	—	—	—	—
170	59	—	—	—	—	—
170	59	—	—	—	—	—
244	45	67,20	4,94	24,35	3,52	1,75
233	45	69,3	5,2	22,86	2,60	1,75

тральных продуктов; двумя — дробь, в числителе которой концентрация отработавшей второй загрузки после дополнительных 6 ч окисления.

ББК, полученные на основе исходной фракции ПАБ и нейтральных-1, были испытаны в качестве проклеивающего агента при проклейке бумаги; при этом были получены положительные результаты. На основе ББК был приготовлен нейтральный клей по режиму приготовления канифольного клея.

Композиция бумажной массы — 100% сульфитной белой целлюлозы. Расход клея составлял 2,0%, расход сернокислого алюминия — 4,0% к массе абс. сухого волокна. На аппарате Рапид-Кётен были получены отливки бумаги массой 100 г/м<sup>2</sup> и определена степень проклейки штриховым методом.

На основании экспериментальных данных и результатов проклейки можно заключить, что оптимальные условия окисления следующие: концентрация азотной кислоты — 37,5%; продолжительность окисления — 6 ч; температура — 100°C; дополнительное окисление нейтральных веществ в тех же условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Завьялова О. К. и др. Выработка опытной партии заменителя канифоли — бензилбензойных кислот. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1977, № 1, с. 10—11. [2]. Зонова З. Т. и др. Исследование химического состава ПАБ-смолы и некоторые данные по ее использованию. — В сб.: Новые способы получения химических продуктов на основе горючих ископаемых. М., 1966, с. 50. [3]. Зонова З. Т. и др. Исследование химического состава фракции ПАБ-смолы и результаты ее гидрирования. — Обогащение угля и химическая переработка топлива. Труды ИГи, XXIV, М., 1968, с. 115. [4]. Козлов В. П. и др. Влияние строения и числа алкильных заместителей ди(алкилфенил) карбоновых кислот на их бумагопроклеивающие свойства. — Материалы научно-технической конференции химико-технологического факультета. Ч. II. Л., ЛТА, 1967, с. 38—44. [5]. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., «Мир», 1965, с. 51.

Поступила 11 января 1978 г.

УДК 634.0.864 : 669.186.4

## СВОЙСТВА ШИХТОВЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

*Е. В. ГРАЧЕВА, Э. Д. ЛЕВИН*

Сибирский технологический институт

Приведены результаты исследования свойств карбонизованных шихтовых брикетов, приготовленных на базе гидролизного лигнина, с целью рекомендации их для производства 75%-ного ферросилиция.

Для выплавки ферросплавов в СССР применяют автоматизированные закрытые электропечи, оборудованные системой улавливания и очистки колошниковых газов. Однако методы подготовки шихтовых материалов к плавке остались прежними, они предусматривают только дробление кварцита и металлургического кокса до определенных фракций и сортировку стальной стружки.

Технико-экономические показатели плавки в значительной мере определяются качеством применяемого восстановителя. Существует комплексная методика оценки качества углеродистых восстановителей, включающая не только технический анализ, но и определение ряда физико-химических и физико-механических свойств, оказывающих влияние на эффективность плавки.

В Иркутском институте народного хозяйства разработан метод брикетирования шихтовых материалов. В состав брикетов моношихты введены в качестве восстановителя гидролизный лигнин — 55%, а также компоненты шихты, необходимые для производства 75%-ного ферросилиция, — 37% двуокиси кремния и 8% железорудного концентрата [5, 6].

Однако при использовании сырых брикетов выделяется много летучих веществ, нарушающих режим плавки. Поэтому брикеты подвергали пиролизу. При пиролизе из лигнина, входящего в состав брикетов, образуется полукок с небольшим содержанием летучих веществ, а железорудный концентрат и двуокись кремния не изменяются.

Разработка оптимального режима получения карбонизованных брикетов и результаты исследования жидких и газообразных продуктов пиролиза описаны ранее [2—4]. В данной статье приведены результаты оценки качества карбонизованных шихтовых брикетов, полученных в оптимальном режиме, как сырья для производства 75%-ного ферросилиция. Оптимальные условия пиролиза: давление изготовления брикетов — 100 МПа, температура пиролиза — 370—400°C, удельный расход тепла на пиролиз — 10,8—11,5 кДж/кг. Характеристики карбонизованных шихтовых брикетов представлены в табл. 1.

Карбонизованные брикеты сохраняют первоначальную форму, не имеют трещин и внутренних раковин. По качеству прокалики они достаточно однородны, что подтверждается практически одинаковой величиной электросопротивления.

Технический анализ брикетов дает представление о возможности использования их в производстве ферросилиция. Так, содержание вла-

Таблица I

Показатели	Численные значения показателей
Содержание, %	
влаги	1,5—1,7
зола	47—49
Выход и содержание летучих веществ, %	5,5—7,5
Элементный состав на горючую массу, %	
С	84,67
Н	3,20
О	12,30
Механическая прочность на сбрасывание, %	98—99
Механическая прочность на раздавливание, МПа	7,4—7,6
Термостойкость, МПа	6,0—6,2
Диаметр брикета, м	0,32—0,34
Масса брикета, кг	$(45-50) \cdot 10^{-3}$
Линейная усадка при пиролизе по диаметру, %	10—15
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
истинная	2097—2113
кажущаяся	1282—1299
Пористость, %	37—39
Электросопротивление, Ом·м	$0,65 \cdot 10^{-10}$
Реакционная способность, мл/г·с	2,19—2,39

гн, летучих веществ, твердого углерода и зола в брикетах одинаково с древесным углем — лучшим углеродистым восстановителем. Химический анализ золы брикетов показал, что в ней содержится много полезных примесей (56,7% SiO<sub>2</sub>, 18,9% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,5% CaO + MgO) и небольшое количество вредных (5,8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,12% S, 0,02% TiO<sub>2</sub>), т. е. зола имеет благоприятный химический состав. В исходном лигнине содержится 1,5—1,8% золы. Химический состав золы лигнина изучен Н. А. Соколовой [7].

На основные технологические показатели плавки существенно влияют такие свойства углеродистых восстановителей, как удельное электросопротивление и реакционная способность.

Известно, что определяющее влияние на удельное электросопротивление различных видов углеродистых восстановителей оказывает режим коксования (конечная температура пиролиза). Поэтому мы исследовали зависимость удельного электросопротивления карбонизованных шихтовых брикетов от температуры пиролиза (рис. 1). Как видно из рис. 1, с повышением температуры удельное электросопротивление снижается. Первый участок кривой, соответствующий температурам пиролиза 300—500°C, совпадает с интенсивным протеканием термораспада. Происходит разложение исходной молекулярной структуры, образуются смола и надсмольная вода. Начиная с 400°C и особенно с 500°C и выше происходит обуглероживание, конденсация нелетучего остатка. Эти реакции протекают медленно. Известно, что углеводороды являются диэлектриками, а углерод по проводимости значительно ближе к полупроводникам. Кривая зависимости удельного электросопротивле-

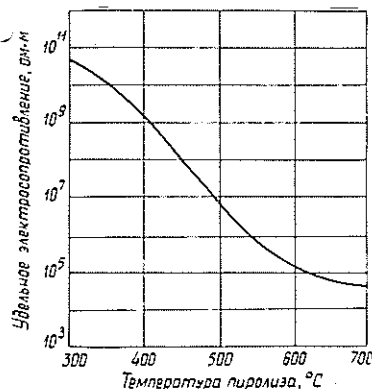


Рис. 1.

ния от температуры пиролиза соответствует этим изменениям. На первом участке до 500°C резко падает электросопротивление, а после 500°C это падение замедляется. Шихтовые брикеты, полученные в оптимальном режиме, имеют удельное электросопротивление  $0,65 \cdot 10^{-10}$  ом·м. По этому показателю они намного превосходят другие виды металлургических восстановителей.

Под реакционной способностью восстановителя понимают его химическую активность по отношению к  $\text{CO}_2$ . Известно, что реакционная способность зависит от размера, плотности и пористости материала, характера его поверхности. Повышенная реакционная способность восстановителя обуславливает ускорение реакций восстановления оксида металла, увеличение коэффициента извлечения кремния в сплав и, тем самым, рост производительности печи. В табл. 2 приведены результаты определения реакционной способности, плотности, общей удельной поверхности карбонизованных брикетов и некоторых других видов восстановителей [1].

Некоторые характеристики металлургических восстановителей представлены в табл. 2, из данных которой видно, что шихтовые брикеты по реакционной способности приближаются к древесному углю, а по плотности превосходят его, т. е. при одинаковой массе брикеты занимают меньший объем.

Таблица 2

Показатели	Численные значения показателей для восстановителей				
	Шихтовые брикеты	Древесный уголь	Полукокс	Кокс	Коксинк
Реакционная способность, мл/г·с	2,30—2,60	3,05—3,50	—	0,26—0,50	1,06—1,4
Плотность, кг/м <sup>3</sup> истинная	2105	1500	—	2040	1810
	кажущаяся	1290	—	1310	—
Пористость, %	38	75	36	35	41
Общая удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	$0,47 \cdot 10^6$	—	$0,22 \cdot 10^6$	—	—

Высокие требования предъявляют к восстановителям по механической прочности и термостойкости. При низкой механической прочности во время транспортировки, при загрузке в печь и в самой печи образуется мелочь, которая ухудшает режим плавки, приводит к снижению газопроницаемости столба шихтовых материалов и спеканию колошника.

Мы определяли механическую прочность на раздавливание, термостойкость при 850°C, прочность на сбрасывание с высоты 2 м на металлическую плиту с последующим рассевом на сите (диаметр отверстий 10 мм). Результаты представлены в табл. 1.

Кроме того, проверяли водоустойчивость и гигроскопичность брикетов. При проникновении воды в микрощели брикета он может разрушиться в результате расклинивающего давления. Насыщение брикета водой наступает на 10-е сутки и составляет 28—29%. После извлечения из воды брикеты имеют ненарушенную поверхность, механическая прочность их не менее 95% от первоначальной. При разломе брикеты имеют равномерную окраску по всей площади, следовательно, вода проникает во все поры. Это говорит о капиллярной природе всасывания воды и объясняет высокую водоустойчивость брикетов.



Из сказанного следует, что лигниновый полукокс, входящий в состав шихтовых брикетов, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к металлургическим восстановителям, и брикеты можно использовать для выплавки 75%-ного ферросилиция в закрытых электропечах.

Опытные плавки 75%-ного ферросилиция на карбонизованных шихтовых брикетах проводили на Никопольском заводе ферросплавов в течение семи дней. Испытания показали, что замена обычной шихты шихтовыми брикетами резко улучшает работу печи. Так, потери кремния сократились с 62 до 26%, удельный расход электроэнергии снизился на 27,3%, производительность печи возросла на 32,7%. Кроме того, резко улучшились условия труда плавильщиков [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Восстановители для производства ферросплавов. М., ЦНИИТЭИЧермет, 1970, сер. 5, информ. З. [2]. Гладкова Н. Я., Грачева Е. В. Исследование надсмольной воды, получаемой при пиролизе лигниновых и шихтовых брикетов. — В кн.: Химия и химическая технология древесины. Красноярск, 1975, вып. 3, с. 19—23. [3]. Грачева Е. В., Левин Э. Д. Разработка оптимального режима получения карбонизованных шихтовых брикетов, приготовленных на базе гидролизного лигнина. — В кн.: Химия и химическая технология древесины. Красноярск, 1975, вып. 3, с. 76—83. [4]. Грачева Е. В., Левин Э. Д. Исследование смолы, получаемой при пиролизе шихтовых брикетов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 2, с. 108—111. [5]. Окладников В. П., Мураховский В. В., Маркман В. Г. Гидролизный лигнин как восстановитель в металлургии. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1974, № 7, с. 1—3. [6]. Окладников В. П., Гусаков В. И., Маркман В. В. и др. Брикетирование гидролизного лигнина на валковом процессе высокого давления. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1976, № 6, с. 8—9. [7]. Соколова Н. А. Исследование пиролиза брикетированного лигнина с получением бытового топлива. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Красноярск, 1975.

Поступила 31 октября 1977 г.

УДК 547.458.81 : 674.032.13

### ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ «АРБОРИЦИДНОЙ» ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ

Л. М. КИРПИЧЕВА, Н. Р. ГЛУХОВА, М. И. ЧУДАКОВ,  
Г. П. САННИКОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП  
Северный НИИ гидротехники и мелиорации

Показано, что древесина ели через 3—15 мес после обработки арборицидами пригодна для получения высококачественной вискозной целлюлозы по режимам действующих предприятий; через 15—39 мес после обработки она может быть использована для получения жестких небеленых целлюлоз.

В составе древесных зарослей, для расчистки которых используют арборициды, есть доля хвойных пород, в частности, сосны и ели. Как показали ранее проведенные исследования [1], после обработки арборицидами в древесине происходят изменения, требующие дополнительного изучения с целью выяснения путей ее использования.

Для получения целлюлоз из древесины ели, отмершей после обработки арборицидами, в качестве исходного сырья отбирали образцы со сроком ожидания 3, 15, 27 и 39 мес [1].

Режим сульфитных варок целлюлозы для бумаг обрабатывали на основе режима Балахинского ЦБК, который производит целлюлозу для газетной бумаги на аммонийном основании.

Таблица 1

Качественные и физико-механические показатели  
небеленых сульфитных целлюлоз

Марка целлюлозы (ГОСТ 6501—60)	Срок ожидания после обработки, мес	Степень делгификации, перм. ед.	Вязкость целлюлозы, мП	Содержание альфа-целлюлозы, %	Содержание пентозанов, %	Выход целлюлозы, %	Механические показатели		
							Разрывная длина, м	Сопротивление излому, число дв. пер.	Сопротивление раздиранию, гс
—	15	90	1550	87,6	5,0	48,0	12 500	1500	82
—	39	85	690	87,0	7,0	46,0	11 000	1050	70
Ж-3	Не нормируется						Более 6500	Не менее 1200	—
Ж-4	" "						Более 6000	1000	—

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что целлюлоза, полученная из древесины ели через 15 мес после обработки, не уступает по качественным показателям целлюлозе из здоровой древесины (марка Ж-3) и может быть использована в промышленности наравне с последней.

Целлюлоза, полученная из древесины ели через 39 мес после обработки, имеет худшие качественные показатели, в частности, меньшую вязкость и, соответственно, уступает здоровой древесине по механическим свойствам. Однако ее можно применять (согласно ГОСТу 6501—60, марка Ж-4) для выработки обойной, специальной упаковочной бумаги и картона.

Представляет интерес изучить возможность получения из этой древесины высококачественных целлюлоз, идущих на химическую переработку.

За основу был принят режим варки целлюлозы Приозерского целлюлозного завода. Варки еловой древесины, не обработанной (контроль) и обработанной арборицидами со сроком ожидания 3 и 15 мес, проведенные по принятому режиму, позволили получить целлюлозы с качественными показателями, удовлетворяющими требованиям к небеленой сульфитной целлюлозе для вискозы (табл. 2).

Таблица 2

Качественные показатели небеленых сульфитных целлюлоз,  
предназначенных для химической переработки

Номер варки	Срок ожидания после обработки, мес	Продолжительность варки, ч-мин	Титр конечного щелока, % вс. SO <sub>2</sub>	Степень делгификации, перм. ед.	Содержание альфа-целлюлозы, %	Вязкость 1%-ного раствора, мП	Выход целлюлозы, %
По режиму Приозерского ЦЗ	—	По цвету и титру щелока	—	35—55	Не ниже	260—420	44,0
1	3	1-45	1,62	39	87	265	40,0
2	27	1-50	1,95	92	—	164	38,3
3	27	2-10	1,74	66	—	87	37,5
4	15	1-50	—	42	88,0	295	40,0
5	39	1-50	—	102	—	150	34,0
Контроль	—	1-50	1,56	32	89,4	280	43,5

Качественные показатели целлюлоз достаточно близки (варки 1, 4, контроль), следовательно, обработка арборицидами в течение 3 и

15 мес приводит к незначительному изменению состава древесины, и ее можно использовать в промышленности наряду со здоровой. Единственным отличием является пониженный выход (на 3,5%) по сравнению с контролем, что, вероятно, объясняется деструкцией и большей растворимостью собственно целлюлозы.

При варке ели, обработанной арборицидами со сроком ожидания 27 и 39 мес, по режиму варки контрольного образца (варки 2 и 5) оказалось, что продолжительность варки недостаточна, так как целлюлоза получилась повышенной жесткости (92 и 102 перм. ед.).

Увеличение продолжительности варки до 2 ч 10 мин (варка 3) позволило снизить жесткость, но при этом резко упала вязкость целлюлозы и уменьшился выход. По-видимому, это объясняется тем, что древесина ели подвержена деструктивному типу гнили, при котором происходит деструкция целлюлозы, тогда как лигнин затрагивается мало.

Следовательно, получить вискозную целлюлозу из древесины ели, обработанной арборицидами со сроком ожидания 27 мес и более, по режиму варки здоровой древесины невозможно.

С увеличением степени гниения древесины потребление кислоты уменьшается, что видно из закономерного повышения титра конечного щелока (табл. 2). Снижение интенсивности потребления  $SO_2$  пораженной древесиной, вероятно, можно объяснить тем, что при гниении способность к сульфированию лигнина арборицидной древесины уменьшается.

Целлюлозы, полученные из обработанной арборицидами древесины, имеют более темный цвет и содержат некоторое количество костры.

Исследования показали, что наличие гнили в древесине приводит к неравномерному провару: в то время как здоровая древесина проваривается, пораженная недоваривается. С повышением степени гниения неравномерность провара увеличивается: количество непроваренных волокон возрастает с 2% у контрольного образца до 8,2% у образца, полученного из древесины ели и отобранного через 27 мес после обработки.

Высокая химическая чистота сульфитной целлюлозы достигается путем комбинированной отбелки с промежуточным горячим облагораживанием. На основе режима отбелки Приозерского целлюлозного завода была выбрана следующая схема многоступенчатой отбелки: I хлорирование — горячее облагораживание — I гипохлоритная отбелка — II гипохлоритная отбелка — кислотка.

В процессе горячего облагораживания с целью снижения содержания смол и жиров в массу вводили поверхностно-активное вещество

Таблица 3

№ п.л.	Срок ожидания после обработки, мес	Содержание, %					Вязкость 0,7%-ного раствора, мП
		альфа-целлюлозы	бета-целлюлозы	веществ, растворимых в 5%-ном NaOH	смол и жиров	золи	
1	3	93,0	2,11	2,44	0,05	0,04	120
2	15	92,0	4,70	2,47	0,05	0,04	135
Контроль	—	94,2	1,46	1,91	0,04	0,03	126
ГОСТ 5982—59 для вискозного штапеля	—	Не менее 92	Не более 5	Не более 2,5	Не более 0,3	Не более 0,08	

во ОП-7 в количестве 0,1% от веса волокна. Затруднений при отбелке образцов целлюлозы, полученной из арборицидной древесины, не наблюдалось.

Качественные показатели полученных беленых сульфитных целлюлоз приведены в табл. 3, из данных которой видно, что в процессе отбелки содержание альфа-целлюлозы повысилось, тогда как вязкость снизилась до требуемых пределов. По качеству беленые целлюлозы удовлетворяют требованиям ГОСТа 5982—59 для вискозного штапеля.

Для характеристики пригодности полученных образцов беленой целлюлозы к процессу ксантогенирования была определена реакционная способность целлюлоз методом набухания ксантогенатов в изопропиловом спирте (по методу Гесса).

Результаты, представленные в табл. 4, показывают, что коэффициенты набухания для всех изученных целлюлоз находятся в пределах требований к вискозным целлюлозам (14—17).

Таблица 4

Срок ожидания после обработки, мес	Реакционная способность целлюлоз, число волокон в процентах к общему, по стадиям набухания								Коэффициент набухания
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
3	—	—	0,7	5,3	2,9	29,9	32,2	29,0	15,32
15	—	—	—	1,7	16,0	34,0	21,0	27,0	15,50
Контроль	—	—	1,0	11,8	2,8	23,9	28,5	32,0	15,39

Исследования показали, что древесина ели через 3—15 мес после обработки арборицидами пригодна для получения высококачественной вискозной целлюлозы по режимам действующих предприятий, имеет достаточную реакционную способность и может быть использована в промышленности наряду со здоровой древесиной. Древесина ели, обработанная арборицидами со сроком ожидания до 39 мес, может быть использована для получения жестких небеленых целлюлоз согласно ГОСТу 6501—60, при этом увеличение срока ожидания ведет к снижению механической прочности целлюлозы и переводу ее в низшую марку.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Кирпичева Л. М., Чудаков М. И., Санников Г. П. О разрушении древесины хвойных пород, отмершей после обработки арборицидами. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3, с. 95—97.

Поступила 23 января 1978 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.378.33

МЕТОД РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В ТЕПЛОХОДАХ  
НА ОБСЛУЖИВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПОТОЧНЫХ  
ЛИНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОТОВ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Изложен метод расчета потребности в теплоходах-буксировщиках для отбуксировки готовых плотовых секций от поточных линий для формирования плотов с использованием теории массового обслуживания.

Механизированные поточные линии для формирования плотов [1] в качестве готовой продукции должны выдавать сформированные плотовые секции.

По условиям работы упомянутых линий на специальных причалах, размещенных ниже формирующей машины, можно передерживать до отбуксировки в формируемые плоты ограниченное количество готовых секций, исчисляемое несколькими единицами. Поэтому в технологических расчетах поточных линий возникает необходимость решить задачу расчета количества теплоходов-буксировщиков, предназначенных для уборки готовых секций. Расчет должен исходить из предпосылки, при которой вероятность накапливания готовых секций сверх заранее заданного количества была бы незначительной, ибо переполнение передерживающих причалов вызовет неминуемую остановку линии.

Поскольку длительность формирования отдельных секций не постоянна и носит случайный характер, а длительность рейсов теплоходов-буксировщиков не детерминированна, то возникшую задачу можно решить методами теории массового обслуживания [2—4]. Тогда выход готовых секций может быть уподоблен потоку заявок на обслуживание, которое состоит в отбуксировке секций на плотовые причалы.

Количество формируемых на поточной линии секций можно полагать неограниченным, поэтому рассматриваемая система массового обслуживания разомкнута. Она также многоканальна, поскольку одного теплохода для обеспечения нормальной работы поточной линии явно недостаточно. Наконец, эта система с ожиданием, но, однако, с ограниченной длиной очереди требований на обслуживание. Длина очереди ограничена предельным количеством причалов, которые в каждом конкретном случае можно разместить ниже формирующей машины для временной передержки готовых секций.

Такая система массового обслуживания функционирует в течение продолжительного времени, что позволяет рассматривать ее работу в стационарном режиме.

Известно, что выбор приемов решения задач в теории массового обслуживания зависит, прежде всего, от характеристики потока требований. В действующих потоках характеристики получают через наблюдения над ними, а в проектируемых, что имеет место в решаемой задаче, ими задаются.

В первом приближении считаем, что в рассматриваемом случае имеет место простейший (пуассоновский) поток требований с параметром  $\lambda$  секций в час, который можно получить как частное от деления сменной производительности поточной линии на средний объем плотовой секции и длительность смены в часах.

Использование простейшего потока в данном случае — условное допущение, поскольку поток готовых секций не имеет такого признака простейшего потока, как отсутствие последствия, ибо события выхода готовых секций, формируемых одной машиной, зависят друг от друга. Однако при этом мы считаем возможным руководствоваться высказыванием Е. С. Вентцель [2, стр. 514]: «Простейший поток играет в теории массового обслуживания особенно важную роль..., даже при потоке заявок, отличающемся от простейшего, часто можно получить удовлетворительные результаты, заменив поток любой структуры простейшим с той же плотностью».

Будем считать, что длительность обслуживания требований как случайная величина подчинена показательному закону распределения с параметром  $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}}$  (где  $\bar{t}_{об}$  — средняя длительность в часах одного рейса теплохода на отбуксировке секций). Принимая это допущение, мы снова руководствуемся рекомендациями, изложенными в работах [2, с. 526] и [3, с. 25, 26], которые сводятся к тому, что выбор закона распределения времени обслуживания не оказывает существенного влияния на конечные результаты расчетов. В то же время показательный закон распределения длительности обслуживания заявок позволяет применить к решению поставленной задачи хорошо известные в теории массового обслуживания аналитические приемы.

Для определения показателей эффективности работы принятой системы массового обслуживания воспользуемся формулами из работ [2—4].

Если принять за  $n$  — число теплоходов, а за  $m$  — число передерживающих причалов, то вероятность того, что все теплоходы заняты буксировкой секций, и кроме того, еще  $s$  готовых секций простаивают на передерживающих причалах в ожидании буксировки, определяется формулой

$$P_{n+s} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}, \quad (1)$$

где  $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ .

Если под поточной линией находится  $m$  причалов для передержки готовых секций, что и является предельной длиной очереди на обслуживание, то вероятность отказа в обслуживании очередного требования

$$P_{отк} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^m}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}. \quad (2)$$

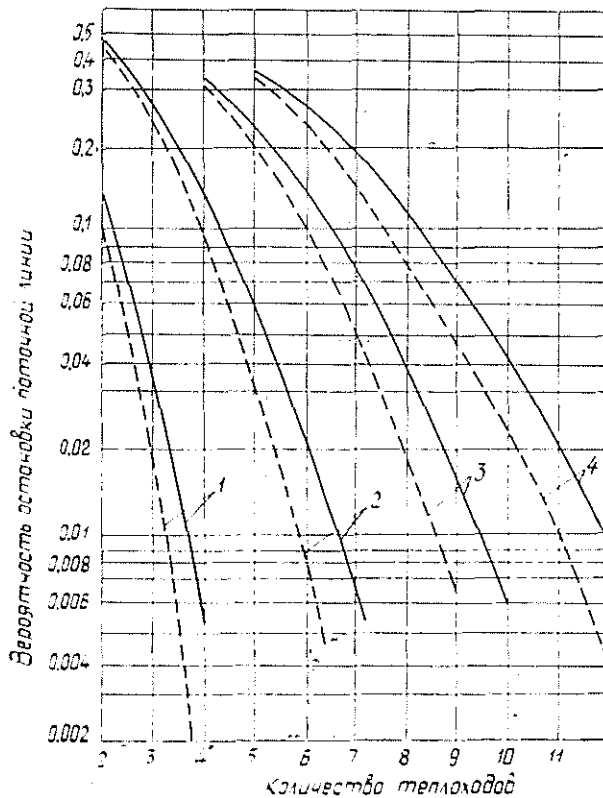


Рис. 1. Кривые вероятностей останова поточной линии для формирования плотов в функции от числа теплоходов-буксировщиков для отвода готовых секций.

1 —  $\alpha = 2$ ; 2 —  $\alpha = 4$ ; 3 —  $\alpha = 6$ ; 4 —  $\alpha = 8$  (сплошные линии — для очереди в 4 секции, пунктирные — для очереди в 6 секций).

Отказ в данном случае следует понимать как необходимость останова работы поточной линии из-за переполнения передерживающих причалов (ситуация, когда из машины вышла очередная готовая секция, теплохода нет, все  $m$  причалов заняты ранее сформированными секциями). Очевидно, число теплоходов должно быть таким, чтобы  $P_{отк}$  было минимальным и заранее принятым.

Решение формулы (2) для различных значений  $\alpha$  и  $n$  при  $m = 4$  и  $m = 6$  представлено на рис. 1. Анализируя эти кривые, следует заметить, что число теплоходов  $n$ , обслуживающих поточную линию для обеспечения ее работы с малой вероятностью останова из-за переполнения передерживающих причалов, должно быть всегда больше  $\alpha$ , которое в данном случае следует рассматривать как какое-то число теплоходов, определенных по средней их производительности.

При решении поставленной задачи представляют интерес и другие показатели функционирования анализируемой системы массового обслуживания. В частности, нужно знать среднее число теплоходов, занятых буксировкой секций, которое рассчитывают по формуле

$$M_3 = \sum_{k=1}^m k P_k + n \sum_{k=1}^m P_{n+k} \quad (3)$$

здесь  $P_k$  — вероятность того, что  $k$  теплоходов занято;

$$P_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s} \quad (4)$$

Соответственно этому коэффициент загрузки теплоходов

$$K_3 = \frac{M_3}{n} \quad (5)$$

Изложенный здесь метод расчета можно использовать также при определении потребности в теплоходах для обслуживания сортировочно-формировочного агрегата ЦНИИЛесосплава [5]. Производительность этого агрегата — 200 пучков в смену, что при величине буксирного воя в 10 пучков (два ряда секций по 5 пучков) дает значение  $\lambda = 2,86$  воя/ч. Тогда в зависимости от средней длительности рейса  $\bar{t}_{об}$  получаем соответствующие значения  $\alpha$

$\bar{t}_{об}$	0,5	1	2
$\alpha$	1,43	2,86	5,72

Длина очереди зависит от принятой длины дворигов, предназначенных для набора рядов. Если взять габариты плотовых секций, принятые в Волжско-Камском бассейне, то при длине дворигов 55 м можно создать предельную очередь из 3—4 буксирных вояз, а при длине 82 м — из 7 вояз.

Принципиальное отличие устройства, предлагаемого ЦНИИЛесосплавом, от устройства, приведенного в работе [1], состоит в замене машины для формирования секций плотов теплоходами-буксировщиками, отводящими сгруппированные из пучков ряды плотовых секций в секции (плоты), набираемые за пределами агрегата. При оценке экономической эффективности такого решения очень важно правильно рассчитать потребность в буксировщиках для отвода пучковых рядов. Использование изложенного здесь метода расчета потребности в теплоходах, как нам представляется, даст возможность достоверно решить эту задачу.

Применительно к технологии работы устройства ЦНИИЛесосплава можно с большей долей вероятности допустить, что поток заявок на обслуживание действительно простейший. В самом деле, признак отсутствия последствия здесь явно имеет место, ибо распределение временных интервалов между моментами окончания формирования буксирных вояз носит случайный характер. В этом потоке имеется наличие и других признаков, характеризующих простейший поток заявок на обслуживание.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Апанасенко И. С. Механизированная поточная линия сортировки пучков и формирования плотов. — «Лесозэксплуатация и лесосплав». Реф. информ. М., 1967, № 30, (ЦНИИТЭИлеспром). [2]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1962. [3]. Новиков О. А., Петухов С. И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. М., «Советское радио», 1969. [4]. Розенберг В. Я., Прохоров А. И. Что такое теория массового обслуживания. М., «Советское радио», 1962. [5]. Фоминцев М. Н. Исследования по опре-



делению основных параметров сортировочно-формировочного агрегата. — Механизация рейдовых работ на лесосплаве. Сб. тр. ЦНИИлесосплава. Вып. 20. М., «Лесная промышленность», 1975, с. 70—77.

Поступила 3 марта 1977 г.

УДК 674.093.6-412.85

## МЕТОДЫ МАКСИМИЗАЦИИ ВЫХОДА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБЪЕМА СОРТИМЕНТОВ ПРИ РАСКРЯЖЕВКЕ ДРЕВЕСНЫХ ХЛЫСТОВ

В. А. ЧЕРВИНСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Исследована возможность применения графического метода Залгаллера и разработана методика составления оптимальных схем раскряжевки хлыстов четырех европейских пород для получения абс. максимального выхода цилиндрического объема сортиментов.

Известно, что объемный выход пилопродукции и выход строганого и лущеного шпона тем выше, чем больше цилиндрический объем круглых лесоматериалов.

Одна из задач рационального раскряга хлыстов — нахождение метода составления рациональных схем раскряжевки, обеспечивающих получение максимального цилиндрического объема при заданном количестве сортиментов, выкраиваемых из хлыста.

Решением этой задачи занимались многие исследователи. Н. П. Анучин [1] разработал метод поиска схем раскряга стволов по разделочной таблице. Расчет ведут с учетом сбега участка ствола по формуле

$$a = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\text{д}}} a_{\text{с}}, \quad (1)$$

где  $a$  — длина вырезаемого бревна, м;  
 $S_{\text{д}}$  — действительный сбега бревна, см/м;  
 $S_{\text{ср}}$  — расчетный сбега, определяемый по опытным данным;  
 $a_{\text{с}}$  — длина среднего бревна, устанавливаемая из опыта.

Максимизацию цилиндрического объема древесины по методу Н. П. Анучина следует проводить при непосредственном измерении действительного сбега по длине каждого хлыста. Г. А. Вильке [4] в дополнение к методу Н. П. Анучина предложил учитывать в формуле (1) еще диаметры измеряемых и анализируемых участков стволов. Г. Д. Власов [3] и Н. А. Батин [2] при максимизации цилиндрического объема использовали математическую модель древесных хлыстов в виде параболы 2-й степени. В результате ими разработан математический метод поиска схем раскряжевки хлыстов на 2, 3, 4, ... бревен с максимальным цилиндрическим объемом древесины.

В итоге рассмотрения теории раскряга древесных стволов на пиловочные бревна Г. Д. Власов [3] и Н. А. Батин [2] пришли к выводу, что раскрягой деловой части ствола следует производить с одинаковой разницей между диаметрами нижнего  $D$  и верхнего  $d$  сечений. Причем отношение  $D/d$  должно быть меньше или равно 1,41. В. С. Петровский [6] рассмотрел в самом общем виде возможность использования

классического математического метода градиента для отыскания максимума функции

$$V_{\Sigma} = f(a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (2)$$

здесь  $V_{\Sigma}$  — суммарный цилиндрический объем сортиментов в хлысте;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  — длины сортиментов в хлысте.

Недостаток этого метода заключается в «повышенном объеме вычислений». В. С. Петровский разработал в общем виде математический метод одношагового поиска, который выразился в нахождении координат точек экстремума функции (2) путем решения системы из  $n$  сложных уравнений (где  $n$  — число сортиментов в хлысте).

Им разработан практический способ отыскания оптимальных схем раскроя по оптимальным траекториям путем использования математического метода динамического программирования, который сводится к составлению таблицы поиска схемы раскроя по оптимальным траекториям. Сущность заключается в том, что для хлыста рассматриваемой длины сначала составляют схему раскроя на заданное количество сортиментов одной длины и вычисляют общий выход цилиндрического объема сортиментов. Затем длину комлевого сортимента уменьшают на величину установленного ГОСТом градиента, а длины последующих сортиментов подбирают так, чтобы суммарный цилиндрический объем сортиментов увеличился по сравнению с первой пробной схемой. Подобную операцию повторяют, пока не будет найдена схема, цилиндрический объем сортиментов при которой окажется максимальным. Число пробных вариантов схем равняется, следовательно, разности между максимальной и минимальной длиной комлевого сортимента, деленной на величину градации плюс единица.

Нами сделана попытка вывести формулы для координат длин сортиментов при заданном их числе в хлысте с использованием классического метода отыскания экстремума функции. Исходные данные для расчетов — радиусы хлыста в комле и вершине. В качестве уравнения образующей использован полином третьей степени.

Задача была сведена к нахождению максимума суммарной площади прямоугольников, вписанных в плоскую фигуру, ограниченную осью хлыста, радиусом комлевого и вершинного среза хлыста и кривой, выражающей образующую хлыста в виде полинома третьей степени. Ось  $oy$  направляли по комлевому срезу,  $ox$  — по оси хлыста в сторону от комлевого среза. Длины сортиментов выражали через разности абсцисс, ширины — через ординаты точек пересечения верхнего сечения сортимента с образующей.

Путем суммирования равенств для площадей прямоугольников, стороны которых выражали через ординаты и разности абсцисс, были найдены в общем виде уравнения функции (2) для двух, трех, четырех, пяти, шести, семи, восьми и девяти сортиментов в хлысте.

После нахождения частных производных и приравнивания их выражений нулю получены кубические уравнения, корни которых выражены в виде формул Кардано. В последующем для нахождения абсцисс вершинных сечений сортиментов необходимо решать систему из  $n - 1$  уравнений, включающих в себя формулы Кардано.

Исследования показали, что решение задачи максимизации цилиндрического объема сортиментов с применением классического метода нахождения максимума функции (2) приводит к необходимости решения системы уравнений в виде громоздких выражений, требующих большого объема вычислений. Этим же недостатком обладают и остальные методы.

Видимо, эти трудности явились для большинства древесных пород причиной отсутствия схем раскряжевки хлыстов, обеспечивающих максимальный выход цилиндрического объема сортиментов.

Нами рассмотрена возможность применения для этой цели графического метода В. А. Залгаллера [5], который предназначался для составления максимальных поставов, но в практике лесопиления не используют, так как он дает большие погрешности из-за невозможности учесть пропилы, объем которых может быть соизмеримым с объемом получаемых пиломатериалов. При раскряжевке хлыстов по сравнению с объемом сортиментов объем пропилов мал, поэтому им можно пренебречь.

Рис. 1. Образующая букового хлыста.

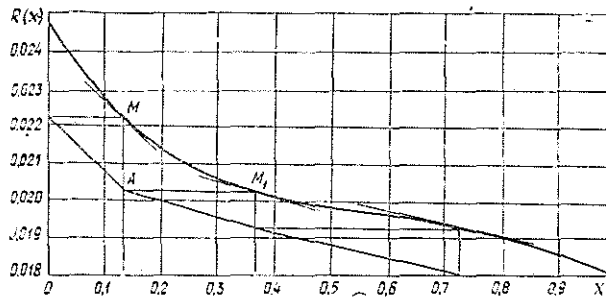


Таблица 1

Номер схемы	Количе- ство сортимен- тов	Схема
Береза		
1	3	0,308—0,395—0,297
2	4	0,227—0,306—0,267—0,200
3	5	0,170—0,223—0,230—0,203—0,174
4	6	0,140—0,173—0,193—0,187—0,170—0,137
5	7	0,113—0,133—0,153—0,174—0,162—0,141—0,124
6	8	0,107—0,120—0,133—0,158—0,142—0,130—0,110—0,100
Бук кавказский		
1	3	0,187—0,474—0,339
2	4	0,133—0,233—0,358—0,276
3	5	0,107—0,153—0,293—0,240—0,207
4	6	0,087—0,107—0,150—0,240—0,220—0,196
5	7	0,066—0,084—0,113—0,173—0,227—0,180—0,157
Сосна		
1	3	0,467—0,434—0,099
2	4	0,323—0,277—0,250—0,150
3	5	0,173—0,273—0,237—0,187—0,130
4	6	0,143—0,223—0,193—0,180—0,150—0,111
5	7	0,133—0,200—0,190—0,150—0,137—0,113—0,077
Ель		
1	3	0,460—0,323—0,217
2	4	0,297—0,300—0,237—0,166
3	5	0,220—0,247—0,220—0,180—0,133
4	6	0,187—0,193—0,180—0,170—0,153—0,117
5	7	0,140—0,160—0,177—0,163—0,140—0,122—0,098

При пользовании методом Залгаллера применительно к хлыстам вычерчивали в относительных величинах образующую древесного хлыста исследуемой породы (рис. 1). На образующей брали точку  $M$  с произвольной абсциссой и проводили через нее касательную и прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с осью ординат. Через точку пересечения этой прямой с осью ординат проводили наклонную линию, параллельную касательной, до пересечения с вертикальной прямой, проведенной из точки на образующую. Через полученную точку  $A$  пересечения вертикальной и наклонной прямых проводили горизонтальную линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с образующей. Получали точку  $M_1$ , из которой проводили вертикальную прямую до пересечения с наклонной, проведенной из точки  $A$ . Далее процесс повторяли. Последняя точка пересечения вертикальной и наклонной прямых  $A_{n-1}$  должна попасть на ось абсцисс. Если этого не происходит, построения необходимо повторить, взяв первую точку на образующей левее или правее  $M$ . Выбирая в масштабе различную длину первого сортимента, можно получить схемы для различного числа сортиментов в хлысте.

В табл. 1 даны полученные вышеуказанным способом схемы раскряжевки хлыстов четырех европейских пород для получения абс. максимального выхода цилиндрического объема сортиментов. Длины сортиментов выражены в относительных величинах к общей длине хлыста, принятой за единицу.

Для получения абсолютной величины длины сортиментов необходимо выбранную длину хлыста умножить на указанные в схеме относительные длины сортиментов. Полученные длины сортиментов нужно превратить в стандартные. Для этого воспользуемся формулой

$$a_n^c = \sum_{i=1}^n a_i^{nc} - \sum_{i=1}^{n-1} a_i^c + \Delta, \quad (3)$$

где  $a_n^c$  —  $n$ -й по счету от комлевого среза сортимент стандартной длины;

$a_i^{nc}$  — абсолютная величина  $i$ -того отрезка хлыста нестандартной длины, полученная умножением абсолютной длины хлыста на относительную величину для данного сортимента из схемы;

$a_i^c$  — абсолютная величина  $i$ -того сортимента стандартной длины;

$\Delta$  — алгебраическая величина, которую необходимо добавить к абсолютной величине нестандартной длины отрезка для получения сортимента стандартной длины.

Приведем пример. Требуется составить оптимальную схему раскряжевки букового хлыста длиной 16 м на четыре сортимента (рис. 1 и схема 2 в табл. 1). Первые два сортимента предназначены для авиационных кряжей, остальные — пиловочник

$$a_1^c = 0,133 \cdot 16 = 2,13 \text{ м.}$$

С учетом необходимого минимального припуска по длине при использовании в качестве авиационного кряжа  $a_1^c = 2,13$  м

$$a_2^c = 2,13 + 0,233 \cdot 16 - 2,13 = 3,73 \text{ м.}$$

Для  $a_1$  и  $a_2$  фактические и стандартные длины случайно совпали.

$$a_3^c = (2,13 + 3,73 + 0,358 \cdot 16) - (2,13 + 3,73) + 0,01 = 5,73 \text{ м;}$$

значение  $\Delta = 0,01$  добавлено для создания минимального припуска по длине, равного 3 см.

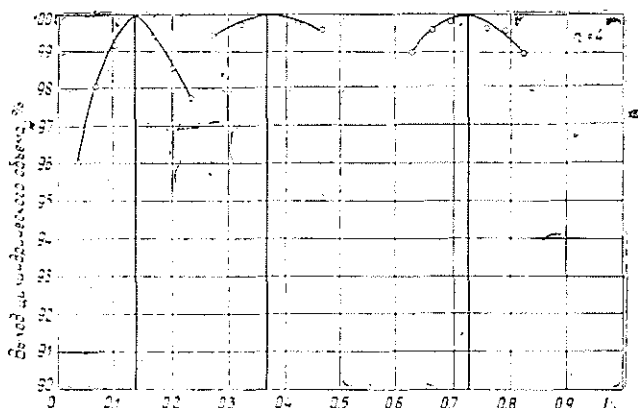


Рис. 2.

Длину последнего сортимента находим, вычитая из длины хлыста сумму длин трех предыдущих

$$a_4^c = 16 - (2,13 + 3,73 + 5,73) - 0,08 = 4,33 \text{ м};$$

величину 0,08 вычли, так как в полученной длине 4,41 м отсутствует необходимый минимальный припуск по длине.

Полученная схема раскроя имеет вид

$$2,13 - 3,73 - 5,73 - 4,33.$$

Для возможности ориентирования в величинах погрешностей, получаемых при отклонениях координат резов от оптимальных (определяемых схемой табл. 1), на рис. 2 приведены графики зависимости выхода цилиндрического объема сортиментов при отклонениях координат резов от оптимальных. Из графиков видно, что потери объема наиболее велики для комлевых сортиментов, меньше для вершинных и самые малые — для срединных сортиментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977. 512 с. [2]. Батин Н. А. Теоретические и экспериментальные исследования пиловочного сырья. Дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. Минск, 1964. [3]. Вильке Г. А. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. Ч. 2, М., Гослесбумиздат, 1964. [4]. Власов Г. Д. Проблема рационального использования древесины при производстве и потреблении пиломатериалов в СССР. Дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. Л., 1950. [5]. Залгаллер В. А. Новое в составлении поставок на распиловку бревен. Л., Изд-во ЦНИЛтреста Севзаплеса, 1956, 64 с. [6]. Петровский В. С. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов. М., «Лесная промышленность», 1970. 184 с.

Поступила 9 ноября 1977 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.6

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ОРГАНИЗАЦИИ ЕГО ПРЕДПРИЯТИЙ*Н. П. МОШОНКИН*Государственный комитет Совета Министров СССР  
по науке и технике

Обоснованы понятие лесного хозяйства как отрасли, включающей лесозэксплуатацию, и рекомендации по организации комплексных лесных предприятий.

Принятие Верховным Советом СССР Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик открывает новый этап в теории и практике лесного дела в нашей стране. Еще более, чем прежде, актуальными становятся проблемы места лесного хозяйства как отрасли материального производства, принципов, методов создания и параметров лесных предприятий и организации производства в них. Принципиальные расхождения по этим вопросам сводятся сейчас к следующему. Одна часть специалистов считает, что лесное хозяйство ограничивается лесовосстановлением, лесохозяйственными работами и передачей отводимого лесосечного фонда в рубку другим организациям и этой отрасли не присуща как заключительная фаза производства — рубка леса. Готовой и товарной продукцией лесного хозяйства признается лес на корню; при этом невозможно организовать хозяйственный расчет.

Другая часть специалистов рассматривает лесное хозяйство как отрасль, выполняющую во взаимосвязи и взаимоувязке все операции не только по лесовосстановлению, лесовыращиванию, охране и защите леса, но и по лесозаготовкам. Лесное хозяйство и лесозаготовки рассматриваются в рамках комплексного лесного предприятия, имеющего готовую и товарную продукцию в виде лесоматериалов, а также продуктов побочного и подсобного пользования и др., и действующего на основе хозяйственного расчета.

Осуществление организационных форм в соответствии с разделением лесного дела на две части: чисто лесохозяйственную (исключая рубку леса) и чисто лесозэксплуатационную (исключая лесохозяйственные операции) на практике по существу привело к формированию двух крайних точек зрения на лес: лесоохранительной, стремящейся к использованию леса лишь как объекта «невесомых» полезных, чисто лесозэксплуатационной, стремящейся любыми путями изъять больше древесины, не заботясь о восстановлении леса на освоенных площадях и улучшении качественного и породного состава лесонасаждений.

В то же время за последние годы передовая практика в СССР и за рубежом, особенно в социалистических странах, подтвердила всесторонние преимущества и высокую эффективность комплексных лесных предприятий. В итоге получилось, что теоретические разработки комплексных лесных предприятий значительно отстали от передовой практики.

Теоретические положения по экономике и организации лесного хозяйства как отрасли материального производства, были разработаны

в свое время группой ученых во главе с П. В. Васильевым. К настоящему времени они во многом устарели. Остановимся кратко на одной из последних работ — главе VI книги «Мировые проблемы лесного хозяйства» [4, с. 203—232].

Авторы П. В. Васильев и С. Г. Сеницын, используя возросшее в настоящее время экологическое и социально-культурное значение лесов, поставили цель резко разграничить, разорвать и в конечном счете обособить выполнение лесом функции — источника сырья и других продуктов, от функции — источника «невесомых» полезностей (охрана земель от эрозии, регулирование водного баланса, рекреационные и другие полезности).

Исходя из этой предпосылки авторы рассматривают лес (лесные ресурсы) как средство труда и как предмет труда. На с. 211 они указывают: «Использование лесных ресурсов в качестве средств труда происходит на протяжении всего периода времени, проходящего после восстановления лесной растительности и до вырубki спелых древостоев... именно это является наиболее существенным признаком лесных ресурсов». И далее: «...не всякая древесина является готовым продуктом. Таковым является только спелая древесина... В момент, когда происходит заготовка такой древесины, резко меняется ее сущность. Древесина становится предметом труда...» (с. 212). Там же они суммируют свои рассуждения: «Таким образом, выделяются две резко различные фазы использования лесных ресурсов: первая, чрезвычайно длительная — фаза использования лесов в качестве средств труда; вторая, относительно кратковременная — фаза использования основного готового продукта леса (древесины) в качестве предмета труда».

Несистемный подход привел авторов рассматриваемой работы к утверждению: «Соответственно роли, характеру и особенностям лесных ресурсов система организации их использования и охраны должна четко разделяться, по крайней мере, на два вида производства. В одном их виде лесные ресурсы должны использоваться как средства труда. В другом — как предмет труда. По мере развития и совершенствования системы хозяйства эти два вида производств должны все более специализироваться в технологическом и организационном отношении» (с. 213).

Итак, только раздельное ведение хозяйства: в одном хозяйстве лес — средство труда, в другом — предмет труда.

Несостоятельность подобного рода утверждений и заблуждений в большей части исходит от непонимания и смешения экономических элементов и категорий процесса производства. Рассмотрим проблему по существу.

Лес как совокупность древесных растений, влияющих друг на друга и на окружающую их среду, не может быть средством труда в прямом смысле понятия, он является прежде всего предметом труда. «Средство труда есть вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат для него в качестве проводника его воздействий на этот предмет» [1, с. 190]. Это совершенно ясное марксистское определение исключает произвольное толкование понятия — средство труда.

В производстве, связанном с лесовосстановлением, лесовыращиванием и использованием леса, средствами труда являются орудия труда: машины, механизмы, оборудование, инструменты, а также другие материальные условия: здания, сооружения, дороги и т. д. и сама земля, без которых процесс производства не может совершаться.

Особое место занимает земля как средство труда. К. Маркс указывал: «Сама земля есть средство труда, но функционирование ее как средства труда в земледелии, в свою очередь, предполагает целый ряд других средств труда и сравнительно высокое развитие рабочей силы» [1, с. 190].

Из сказанного ясно, что и для лесного хозяйства (включая лесозаготовки) всеобщим средством труда является земля. Земля на определенных стадиях лесного производства является не только средством, но и предметом труда (посев, посадка, лесомелиорации и др.) и поэтому выступает в качестве средства производства.

Предмет труда в лесном хозяйстве — земля (она же средство труда) и лесные насаждения, выращиваемые на этой земле и используемые при лесозаготовках.

Взгляд на лесное хозяйство как на отрасль материального производства, которой не присуща лесозаготовительная деятельность, отстаивается до настоящего времени рядом ученых и практиков [5]. Этому способствует и сложившаяся практика, при которой лесохозяйственное производство содержится за счет операционных расходов, финансируемых из Госбюджета, а промышленная деятельность (лесозаготовки, заготовка второстепенных лесных материалов, переработка древесины и отходов, переработка технической зелени и т. д.) организуется на принципах хозяйственного расчета.

Существование этих двух форм деятельности и двух форм финансирования затрудняет экономическое развитие комплексных предприятий лесного хозяйства и повышение их эффективности. Этот искусственный разрыв лесохозяйственной и промышленной деятельности создает ситуацию, при которой уже длительное время делаются безуспешные попытки представить в виде готовой и товарной продукции лесохозяйственного предприятия то лес на корню, то лесонасаждения в стадии смыкания крон, то площади молодняков, пройденные рубками ухода (осветление и прочистка), то закультивированные площади и др. В официальных учебных пособиях в основном продолжает проводиться линия на невозможность применения обоснованных форм хозрасчета в лесном хозяйстве.

Лесная таксация и лесоводство в достаточной мере разработали методы и приемы определения показателей прироста, полноты и запасов леса, изучения хода роста лесонасаждений. Однако прирост, запас и др. — это не готовая и не товарная продукция. Готовая продукция — это то, что является конечным результатом деятельности предприятия, будь то промышленное, сельскохозяйственное, лесохозяйственное или другое производство.

Давая определение продукту труда, К. Маркс указывал: «Продукт процесса труда есть потребительная стоимость, вещество природы, приспособленное к человеческим потребностям посредством изменения формы. Труд соединился с предметом труда. Труд овеществлен в предмете, а предмет обработан» [1, с. 191—192].

Что является готовым продуктом комплексного лесного предприятия? Это прежде всего лесоматериалы, полученные в результате рубок главного и промежуточного пользования, продукты побочного и подсобного пользования лесом, а также другие полезности и услуги, оказываемые лесом. Является ли лес на корню готовым продуктом? Искусственно выращенный лес, конечно, — продукт процесса труда, в нем овеществлен труд. Но лесонасаждение — не готовая продукция, оно является в условном смысле полуфабрикатом, незавершенной продукцией.



Здесь уместно отметить, что К. Маркс, рассматривая теорию ренты Рикардо, указывал, что деревья, растущие в девственном лесу, являются потребительной стоимостью, но не являются меновой стоимостью и товаром. «Товаром они становятся только благодаря тому, что их отделяют от девственного леса, рубят, выволакивают, перевозят, из стволов превращают в лесоматериалы» [3, с. 267].

Таким образом, готовой и товарной продукцией лесного предприятия являются лесоматериалы, в которых овеществлен труд при лесовосстановлении, лесовыращивании и лесозаготовках. Готовой и товарной продукцией, конечно же, являются и лесоматериалы из деревьев, еще не достигших возраста спелости и выбранных из лесонасаждения в порядке промежуточного пользования (рубок ухода).

При современной организации хозяйствования в лесхозах бюджетные операционные расходы в значительной степени покрываются за счет собственных средств от реализации продукции, полученной в результате рубок ухода, санитарных и лесовосстановительных, от реализации семян и посадочного материала (из бюджетных питомников) и от реализации услуг на сторону.

Суммы этих собственных средств в плане финансирования операционных расходов по малолесным и среднелесистым районам теперь составляют от 40—50% (Белоруссия и Украина) до 70—80% (некоторые области РСФСР). Во многих предприятиях операционные расходы полностью покрываются средствами от реализации продукции.

Создается обстановка, при которой работы и операции явно хозрасчетного характера (рубки промежуточного пользования, санитарные, семена и посадочный материал и др.) выполняются в порядке сметно-бюджетного финансирования, а затем средства от реализации продукции, полученной в результате этих работ и операций, направляются на сметно-бюджетное финансирование операционных расходов.

Этот замкнутый и неэффективный круг есть результат искусственного разрыва лесохозяйственного и лесопромышленного производства и узковедомственной ограниченности.

Одно из главных препятствий на пути организации хозрасчетной деятельности комплексных лесных предприятий — отсутствие единой методики определения оптимальных параметров и показателей деятельности этих предприятий.

В учебнике [5] на с. 22 сказано: «В большинстве случаев эти размеры сложились стихийно, без достаточного экономического обоснования. Так, размеры лесхозов по площади колеблются от 10—14 тыс. га до 1,5—2 млн. га, а лесничеств — от 1,5—2,0 до 100—500 тыс. га». Однако и этот учебник не дает исчерпывающего метода определения оптимальных размеров комплексного лесного предприятия, а называет лишь основные методы определения и факторы, влияющие на размер предприятия.

Анализ этих методов и факторов показывает, что они недостаточно учитывают лесобиологическую, организационно-техническую и особенно экономическую стороны проблемы. По нашему мнению, оптимальный размер комплексного лесного предприятия по лесной (и покрытой лесом) площади при данном возрасте (обороте) рубки определяется годовым объемом производства лесоматериалов как главного готового продукта при минимуме суммы приведенных затрат на лесовосстановление, лесовыращивание, защиту и охрану леса, лесозаготовки (включая транспорт леса до нижнего склада) и доставку лесоматериалов и продуктов леса от нижнего склада предприятия до потребителей.

При этом будет обеспечено получение с каждой единицы площади лесов максимального количества продукции и эффекта при минимальных затратах.

При сравнении количества продукции и эффекта по ряду комплексных предприятий следует учитывать дифференциальную ренту. Образование дифференциальной ренты I связано с дополнительным чистым доходом, получаемым на наиболее плодородных лесных землях, и за счет расположения ближе к пунктам потребления древесины. Дифференциальная рента II — это чистый доход в комплексных лесных предприятиях, ведущих производство более интенсивно и в результате имеющих более высокую производительность труда.

Комплексное лесное предприятие оптимальных (для данных экономических и природных лесорастительных условий) размеров с соответствующей системой технико-экономических и хозяйственных показателей и организующее деятельность на принципах непрерывного (неистощительного) и расширенного лесопользования, опирающегося на расширенное воспроизводство леса, и является той самостоятельной хозяйственной единицей, которая в полной мере будет обеспечивать получение наивысшей народнохозяйственной эффективности и сохранение, комплексное и рациональное использование лесных ресурсов.

Авторы VI главы книги «Мировые проблемы лесного хозяйства» неправильно трактуют положения К. Маркса о периоде производства и рабочем периоде в лесном хозяйстве. Искжая эти положения К. Маркса, они используют их для того, чтобы разорвать процессы выращивания и рубки леса.

Однако у К. Маркса совершенно четко сказано: «В лесоводстве по окончании посева и необходимых для него подготовительных работ образование готового продукта требует, быть может, целого столетия; в течение всего этого времени лес нуждается лишь в сравнительно незначительном воздействии труда. Во всех этих случаях в течение большей части времени производства добавочный труд присоединяется лишь изредка... с более или менее продолжительными перерывами... Таким образом, во всех этих случаях время производства у авансированного капитала состоит из двух периодов: из первого периода, в течение которого капитал находится в процессе труда; из второго периода, в течение которого форма существования капитала — форма еще неготового продукта, — предоставляется воздействию естественных процессов, не находясь при этом в процессе труда. Дело несколько не меняется от того, если оба эти периода иногда перекрещиваются и вклиниваются один в другой... Период производства больше, чем рабочий период» [2, с. 270].

Таким образом, процессы труда перекрещиваются и вклиниваются в естественные процессы, что, с одной стороны, обеспечивает интенсификацию роста лесонасаждений, улучшение их качественного и породного состава и повышение продуктивности, а с другой, создает возможность получения дополнительного количества готовой и товарной продукции в виде лесоматериалов от рубок промежуточного пользования, санитарных и др.

Рассматривая расхождение между периодом производства и рабочим периодом в земледелии, К. Маркс писал: «...расхождение между периодом производства и рабочим периодом, причем последний составляет только часть первого, образует естественную основу для соединения земледелия с сельскими подсобными промыслами» [2, с. 272].

В лесоводстве, где, как и в земледелии, период производства больше рабочего периода, создаются условия для развития промышленно-

го производства: лесозаготовок, деревообработки и др. Работы по посеву, посадке, лесомелиорации, защите и охране леса выполняются в основном в весенне-летний период. В осенне-зимний период средства труда и рабочая сила могут быть в большом количестве и в целях подъема общей эффективности комплексного лесного хозяйства переключены и использованы на лесозаготовках и первичной переработке древесины и других продуктов леса.

На определенной покрытой лесом площади при обеспечении непрерывного и неистощительного лесопользования может быть ежегодно изъято лишь определенное количество древесины (главное и промежуточное пользование); остальная, большая часть древесины должна оставаться на корню.

К. Маркс писал: «...большая часть годного к обращению продукта остается в активном процессе производства, в то время как несравненно меньшая часть его вступает в ежегодное обращение (лесоводство и животноводство)...» [2, с. 278].

Для того чтобы эта меньшая часть продукта вступила в ежегодное обращение, ее необходимо отделить от леса, вырубить, стреловать, перевести и из стволов (хлыстов) превратить в сортименты круглого леса, а другую часть (включая древесные отходы) превратить в продукты первичной обработки древесины.

В заключение следует подчеркнуть, что на необходимость лесоводственной, технологической, организационной и экономической взаимосвязи лесовосстановления, лесовыращивания и лесозаготовки указывали крупнейшие русские ученые-лесоводы Г. Ф. Морозов и М. М. Орлов.

Г. Ф. Морозов отмечал: «...есть указание на тот первый, основной закон лесоводства, что рубка и возобновление должны быть синонимами, т. е. пользование лесом при рубке должно быть так организовано, чтобы в процессе пользования заключались бы и моменты для его создания вновь; надо так рубить, чтобы уже во время рубки или в крайних случаях немедленно после рубки вырастал бы вновь лес» [6, с. 89—90].

М. М. Орлов писал: «В лесном хозяйстве рубка леса, во всех многочисленных ее формах, стоит на первом месте, так как ею определяется как пользование, так возобновление и уход за лесом» [7, с. 15].

### *Выводы*

1. Лесное хозяйство как отрасль материального производства и предприятия этой отрасли необходимо рассматривать системно (комплексно) как выполняющие цикл операций по лесовосстановлению, лесовыращиванию, охране и защите леса и лесозаготовке. Ничуть не меняется существо дела, если в течение какого-то времени на переданной лесному предприятию площади лесного фонда лесозаготовки, помимо самого предприятия, выполняются другими предприятиями.

2. Контроль за ведением лесного хозяйства и выполнением правил и положений лесного законодательства и других законов, постановлений и распоряжений в области лесного хозяйства должна осуществлять вневедомственная государственная инспекция.

3. В ближайший период необходимо твердо установить состав продукции и отработать основные параметры и показатели комплексного лесного предприятия. При этом важнейшим показателем должно быть получение максимального количества товарной продукции с

каждого гектара лесной площади, на которой предприятие ведет хозяйство.

4. Достижение максимальной отдачи с каждого гектара лесной площади не противоречит выполнению лесом других функций. Наоборот, соблюдение принципа непрерывного, неистощительного и расширенного лесопользования, опирающегося на расширенное воспроизводство, обеспечивает лучшее выполнение лесом защитных, водоохраных и других полезных функций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К. Капитал. Т. 1, кн. 1. [2]. Маркс К. Капитал. Т. 2, кн. 2. [3]. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 26, ч. 2. [4]. Воробьев Г. И. и др. Мировые проблемы лесного хозяйства. М., «Лесная промышленность», 1976. [5]. Воронин И. В. и др. Организация и планирование производства на предприятиях лесного хозяйства. Под общ. ред. П. В. Васильева. Изд. 2-е, перераб. М., «Лесная промышленность», 1972. [6]. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. Изд. 7-е. М.—Л., Гослесбумиздат, 1949. [7]. Орлов М. М. Лесоустройство. Т. 2. Л., «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1928.

Поступила 18 января 1978 г.

УДК 634.0.62 : 634.0.228.7

## К ПРОБЛЕМЕ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

В. М. ИВАНЮТА

Московский лесотехнический институт

Обосновывается целесообразность перехода от расчетно-лесосечного лесопользования к плантационному на больших площадях с таким расчетом, чтобы в сырьевых базах целлюлозно-бумажных комбинатов и предприятий по производству плит было обеспечено наличие хвойных насаждений всех классов возраста, необходимых для полного плантационного оборота рубки и посадки леса.

Общезвестные тенденции в развитии высокомеханизированного лесокультурного дела и производства щепы из мелкотоварной древесины в европейской части СССР вызывают настоятельную необходимость по-новому взглянуть на традиционные методы расчета лесопользования, особенно в лесосырьевых базах целлюлозно-бумажных комбинатов, а также предприятий по производству древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Для быстрого развития современного лесокультурного дела необходимо иметь соответствующих размеров лесокультурный фонд, состоящий из достаточно больших открытых лесных площадей, образующихся в результате ежегодных сплошных рубок.

Растущие потребности целлюлозно-бумажной промышленности и производства плитных материалов в древесном сырье вызывают необходимость значительного увеличения и удешевления ежегодного производства щепы как из мягколиственной, так и из хвойной древесины. За последние годы на страницах печати все чаще появляются предложения об использовании всей биомассы дерева, т. е. не только стволовой древесины и ветвей, но также и пней с корнями.

Ранее\* нами была высказана мысль о целесообразности концентрированную рекультивацию производных лесов подчинить идее пере-

\* Иванюта В. М. К проблеме концентрированной рекультивации производных лесов промышленного значения. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1977, № 3.

хода от расчетно-лесосечного лесопользования к плантационному. Поясним эту мысль на конкретном примере.

Представим, что в центре некоторой лесопокрытой площади находится комплексное лесопромышленное предприятие, которое:

а) перерабатывает всю тонкомерную стволовую древесину, ветви, хвою, кору и пни с корнями на самую разнообразную товарную продукцию;

б) заготавливает и вывозит автомобильным транспортом все это сырье по схеме лесосека — предприятие;

в) осуществляет механизированный посев и посадку хвойного леса с таким расчетом, чтобы в течение каждого оборота рубки создавался нормальный плантационный лес, в котором на одинаковых площадях одновременно произрастали бы хвойные насаждения во всех необходимых для полного оборота возрастных группах (молодняк в возрасте от 0 до 10 лет; жердняк в возрасте от 10 до 20 лет; «щепняк» в возрасте от 20 до 30 лет и т. п.).

Площадь сырьевой базы такого предприятия можно было бы определить по формуле

$$F = \frac{WA}{pM}, \quad (1)$$

где  $F$  — площадь сырьевой базы, га;

$W$  — мощность предприятия,  $\text{м}^3$ ;

$A$  — оборот рубки, лет;

$p$  — плотность лесов;

$M$  — запас биомассы,  $\text{м}^3$  на 1 га.

Возьмем для примера одну и ту же мощность предприятия  $W$ , равную 300 тыс.  $\text{м}^3$  в год, и плотность лесов — 0,5. Подсчитаем площадь сырьевой базы для трех вариантов:  $F_1$  при  $A = 25$  годам и  $M = 100 \text{ м}^3$  на 1 га;  $F_2$  при  $A = 50$  годам и  $M = 150 \text{ м}^3$  и  $F_3$  при  $A = 100$  годам и  $M = 250 \text{ м}^3$  на 1 га. Подставляя перечисленные величины в формулу (1), будем иметь:  $F_1 = 150$ ,  $F_2 = 200$  и  $F_3 = 240$  тыс. га.

Максимальные расстояния автомобильной вывозки сырья  $r_1$ ;  $r_2$  и  $r_3$  (км) определим по формуле

$$r = 0,0564 \sqrt{F}. \quad (2)$$

Подставляя в формулу (2) соответствующие значения  $F_1$ ;  $F_2$  и  $F_3$ , получим:  $r_1 = 21,7$ ;  $r_2 = 25,2$  и  $r_3 = 27,7$  км. Приведенные данные свидетельствуют о том, что увеличение оборотов рубки в 2 и 4 раза не вызывает большого увеличения расстояния вывозки сырья (оно колеблется от 20 до 30 км). Было бы важно по формуле (1) просчитать на ЭВМ значения  $F$  для самых разнообразных сочетаний  $W$ ,  $p$ ,  $A$  и  $M$  по бонитетам и возрастам как нормальных насаждений, так и фактических по данным лесоустройства.

Если же в формуле (1) отношение  $M : A$  (средний прирост) обозначить  $z$ , а произведение  $pz = \omega$  назвать сырьевым коэффициентом мощности предприятия, тогда на основании формулы (1) можно записать

$$W = \omega F, \quad (3)$$

$W$  — мощность предприятия, тыс.  $\text{м}^3$ ;

$\omega$  — сырьевой коэффициент мощности;

$F$  — площадь сырьевой базы предприятия, тыс. га.

На основании этой формулы было бы важно осуществить встречный анализ данных лесоустройства и учета лесного фонда путем по-

следовательной подстановки в формулу (3) вместо  $\omega$  и  $F$  их значений для хозяйственной части, лесничества, лесхоза, сырьевой базы комбината, областного управления, экономического района и т. п. Одновременно с этим было бы интересно проанализировать и максимальное расстояние вывозки по формуле (2).

Экономический эффект от перехода на плантационное лесопользование складывается, во-первых, из возможности максимальной концентрации и специализации (на больших площадях) лесозаготовительного, деревоперерабатывающего и лесопосадочного производств и, во-вторых, из возможности дополнительного вовлечения в рубку всех насаждений, имеющих в настоящее время возраст выше расчетного, принятого для плантационного оборота в рассматриваемой сырьевой базе.

Представим, что до перехода на плантационное лесопользование сырьевая база по хвойному хозяйству была рассчитана и вовлечена в эксплуатацию применительно к формуле (1) со столетним оборотом рубки, т. е. эта база имеет площадь 240 тыс. га, на которой произрастают хвойные насаждения всех возрастов, необходимых для полного оборота, от I до X (десятилетних) классов возраста. А на основании фактического материала, проанализированного по описанной схеме, была доказана целесообразность установления в этой же сырьевой базе 25-летнего плантационного оборота на площади, например, 120 тыс. га, т. е. вместо одной мы имели бы две лесосырьевые базы, на территории которых в нашу задачу входило бы организовать в будущем плантационное лесопользование.

Ясно, что в этом случае мы должны в первую очередь вовлечь в эксплуатацию все насаждения старших классов возраста, из расчета  $120 : 5 = 24$  тыс. га на пятилетку в каждой новой базе или по 48 тыс. га в старой базе ( $48 \cdot 5 = 240$  тыс. га). Иными словами, для того чтобы в старой базе в течение предстоящих 25 лет (или 5 пятилеток) организовать два плантационных оборота на площади в 120 тыс. га каждый, необходимо назначать в рубку: на первую пятилетку — все насаждения IX и X классов возраста; на вторую — VII и VIII; на третью — V и VI; на четвертую — III и IV и на пятую — I и II класса возраста, которые к этому времени будут на 20—25 лет старше, и только начиная с шестой пятилетки, мы будем ежегодно рубить (и возобновлять) 25-летние насаждения на площади 4,8 тыс. га в каждой плантационной лесосырьевой базе.

Таким образом, если при расчетно-лесосечном лесопользовании мы ежегодно рубили бы только насаждения X класса на площади 2,4 тыс. га или за все 5 пятилеток лесозаготовки были бы проведены всего лишь на площади 60 тыс. га, то при переходе на плантационное лесопользование мы должны будем вырубить за те же 5 пятилеток все насаждения на площади 240 тыс. га, в результате чего народное хозяйство получило бы древесины в одной и той же сырьевой базе почти в 4 раза больше.

Но готовы ли мы перейти на плантационное лесопользование с тем, чтобы уже сейчас вовлечь в эксплуатацию показанные выше сырьевые резервы? Нет, не готовы.

У нас нет гарантии, что на тех площадях, где сейчас будут срублены хвойные насаждения, через 25 лет будут расти именно хвойные, а не мягколиственные насаждения.

На основании изложенного следует заключить, что сначала надо в широких масштабах рекультивировать производные леса промышленного значения, т. е. заменить мягколиственные насаждения хвой-

ными на больших площадях, а затем уже или параллельно с этим решать проблему перехода к плантационному лесопользованию по описанной схеме.

Поступила 29 ноября 1977 г.

УДК 634.0.62

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ДРЕВЕСИНЫ ТВЕРДОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЦЧЭР

*И. В. ВОРОНИН, В. И. ЯНЫШЕВ*

Воронежский лесотехнический институт

Дается оценка народнохозяйственного значения древесины дуба и его спутников в условиях региона. Приводятся данные о ресурсах, потребности, ввозе и вывозе твердолиственной древесины по Воронежской области. Рекомендуются пути улучшения в планировании использования и поставок древесины твердолиственных пород.

Рациональное использование древесины твердолиственных пород — актуальная проблема в условиях Центрально-Черноземного экономического района (ЦЧЭР), выступающая как составная часть задачи по рациональному использованию лесных ресурсов СССР.

Ресурсы твердолиственной древесины представляют категорию наиболее ценных древесных ресурсов. В Воронежской области из твердолиственных пород преобладают дубовые насаждения с постоянными спутниками — ясенем и кленом.

Древесина дуба, ясеня и клена обладает высокими физико-механическими свойствами, имеет красивую текстуру и широко используется в народном хозяйстве: в мебельном, фанерном, столярном, паркетном, бочарном, ободно-полозном, дубильно-экстрактовом производствах и т. д. А. В. Тюрин [2] отмечает, что дубовые леса являются источником ценнейшей древесины.

Лесные массивы ЦЧЭР в 1923—1933 гг. были основными поставщиками дубовой древесины для экспорта. Из лесных массивов Воронежской области (Шипова и Теллермановского) вывозили высококачественные сортименты (ванчесы, египетские балки, бельгийские шпалы, дубовую кленку и т. д.), высоко ценимые на мировом лесном рынке. Размер экспорта из дубовых массивов области в 1926—1930 гг. составлял 1,2—28 тыс. м<sup>3</sup> на сумму от 0,09 до 2 млн. золотых рублей [1].

В связи с успешным развитием народного хозяйства СССР постепенно изменялись задачи, стоящие перед лесным хозяйством малолесной Воронежской области. С 50-х годов основные дубовые массивы были отнесены к лесам I группы с резким ограничением размеров пользования древесиной.

Истощенность лесосырьевых ресурсов и затруднения с ввозом древесины создают ее постоянный дефицит в ЦЧЭР. В современных условиях очень важное значение приобретает вопрос правильного, полного и всестороннего использования местных лесных ресурсов, в первую очередь, твердолиственной древесины.

Вместе с тем нельзя не учитывать, что леса ЦЧЭР по учету на 1 января 1973 г. составляют от общих ресурсов твердолиственных вы-

сокоствольных насаждений СССР по площади 1,4% и по запасу 4,8%. В общем запасе древесины СССР доля твердолиственных пород — 3,7% [4].

Твердолиственные насаждения ЦЧЭР занимают 50—60% лесного фонда экономического района. В Воронежской области ежегодно заготавливается 302,2 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе по твердолиственному хозяйству — 176,5 тыс. м<sup>3</sup> (деловой — 88,9 тыс. м<sup>3</sup>).

Несмотря на то, что в области ежегодно заготавливается около 90 тыс. м<sup>3</sup> деловой древесины твердолиственных пород, а потребность по области составляет 79 тыс. м<sup>3</sup>, часть ее ввозится из других районов страны. Одновременно часть древесины местного производства вывозится за пределы области. В этих условиях изучение потребности ввоза и вывоза твердолиственной древесины наряду с вопросами использования местных лесных ресурсов, представляет особый интерес.

Потребность в древесине твердолиственных пород для предприятий Воронежской области следующая: пиловочник — 60 тыс. м<sup>3</sup>, фанерный кряж — 15 тыс. м<sup>3</sup>, клепочный кряж — 4 тыс. м<sup>3</sup>. Основным потребителем твердолиственной древесины в области является объединение Воронежмебель (пиловочник — 36 тыс. м<sup>3</sup>, фанерный кряж — 15 тыс. м<sup>3</sup>).

В Воронежскую область ежегодно ввозится с Дальнего Востока, Калужской и Тульской областей 5,3 тыс. м<sup>3</sup> пиловочника, 1,1 тыс. м<sup>3</sup> клепочного кряжа, из Краснодарского края 1,4 тыс. м<sup>3</sup> пиломатериалов и импортное красное дерево из Ганы.

Внутри Воронежской области ежегодные поставки твердолиственной древесины следующие: пиловочник — 53 тыс. м<sup>3</sup>, фанерный кряж — 10 тыс. м<sup>3</sup>, клепочный кряж — 2,5 тыс. м<sup>3</sup>. В течение года из Воронежской области вывозятся в Горьковскую область экстрактовое сырье — 35 тыс. м<sup>3</sup>, фанерный кряж — 3 тыс. м<sup>3</sup> и в Ленинград судостроительный лес — 1 тыс. м<sup>3</sup>.

Транспортные расходы по перевозке лесопроductии с Дальнего Востока в Воронежскую область равны 35—40 р./м<sup>3</sup>, а из Калужской, Тульской областей и Краснодарского края — 2—3 р./м<sup>3</sup>. Значительно выше транспортные расходы по доставке красного дерева (как заменителя дуба) из Ганы на Теллермановский мебельный комбинат.

Приведенные данные показывают, что в области имеют место встречные и дальние перевозки твердолиственной древесины. Снижение транспортных расходов по перевозкам, а отсюда и себестоимости ввозимой лесопроductии связано с необходимостью улучшения планирования и организации ее поставок. Связь между поставщиками и потребителями часто носит случайный характер из-за недостатков в планировании. Решение этой проблемы зависит от того, насколько при рациональном ведении лесного хозяйства, расширении лесных площадей и повышении продуктивности лесов район в дальнейшем сможет удовлетворять потребности в древесине за счет местных ресурсов, что служит главной предпосылкой к сокращению ввоза твердолиственной древесины.

Ресурсы дуба и других твердолиственных пород используются до настоящего времени недостаточно рационально. Даже в лучших дубовых массивах лесостепи (ЦЧЭР) деловой древесины получают около 60%, остальная часть древесины дуба и его спутников идет на дрова и для получения дубильного экстракта. По данным исследований Б. М. Перепечина [3], выход деловой древесины в твердолиственном хозяйстве должен составить 78%. В настоящее время, по выраже-



нию А. В. Тюрина [2], необходимо исключить такую категорию, как «дубовые дрова». Дубовую дровяную древесину следует полностью использовать с максимальной потребительной стоимостью.

Предприятия Воронежского управления лесного хозяйства в настоящее время из древесины твердолиственных пород получают строительный лес, фанерный кряж, столбики для изгороди, фризу, паркет, клепку винную, топорича, кухонный инвентарь, экстрактовое сырье, древесный уголь.

Ценнейшая древесина твердолиственных пород зачастую также идет не по целевому назначению: для производства срубов домов, щитов для полов животноводческих помещений и т. д.

Из сказанного следует, что улучшение использования древесины твердолиственных пород требует уточнения планов распределения ее и соответствующего контроля за их выполнением.

Только строгая, четкая и продуманная система планирования и организации лесоснабжения и сбыта будет способствовать улучшению обеспечения лесоматериалами отраслей народного хозяйства.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Воронин И. В., Бугаев В. А., Масленников С. А., Смородин В. П. Лесное хозяйство ЦЧЭР за 50 лет Советской власти. Воронеж, Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1970. 236 с. [2] Дубравы СССР. Труды ВНИИЛХ. Под ред. А. В. Тюрина. М.—Л., 1951, вып. 28, 30. 204 с. [3] Перепечин Б. М. Лесопользование в СССР (1946—1962 гг.). М., «Лесная промышленность», 1964. [4] Силицын С. Г. Лесной фонд и организация использования лесных ресурсов СССР. М., «Лесная промышленность», 1976.

Поступила 2 января 1978 г.

УДК 634.0.66 : 658.8

## ВЛИЯНИЕ ПУНКТОВ РЕАЛИЗАЦИИ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А. В. НОВИКОВ, В. Е. ЛЕВАНОВ

ЦНИИМЭ, Ленинградская лесотехническая академия

Рассматривается уровень рентабельности лесозаготовительных предприятий по пунктам реализации лесопроductии, приводятся методы исследования себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины. На основании полученных моделей по расчету себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины (многофакторного регрессионного анализа и нормализованного показателя) выявляются различия в уровне затрат по пунктам реализации.

Себестоимость производства и реализации круглого леса во многом зависит от размещения нижних складов леспромхоза относительно магистральных путей: железной дороги МПС, водных путей, автомобильных дорог общего пользования.

Технологический цикл в прижелезнодорожных леспромхозах заканчивается погрузкой лесоматериалов в вагоны МПС; в приречных — штабелевкой или сдачей древесины сплавным организациям; при примыкании к автомобильным дорогам — доставкой продукции непосредственно на склад потребителя. Исследование фактических затрат на производство круглых лесоматериалов в зависимости от пунктов реализации свидетельствует о различиях в их величине: себестоимость франко-вагон станция отправления составляет 10 р. 82 к., франко-верх-

ние рюмы — 10 р. 18 к. и франко-пункт потребления и переработки — 11 р. 02 к.

Уровень себестоимости формируется в зависимости от многих природных, производственных и организационных факторов. В связи с этим необходимо выделить факторы, влияющие на уровень затрат по видам франко, и на основе этого сделать вывод о целесообразности дифференциации оптовых цен по пунктам реализации.

Процесс исследования себестоимости по пунктам реализации включает:

1) статистическую группировку леспромхозов по пунктам примыкания к транзитным путям транспорта (франко) и анализ структуры себестоимости по калькуляционным статьям затрат;

2) многофакторный регрессионный анализ себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины для определения влияния пункта реализации на ее величину.

Статистические группировки по пунктам реализации показали различия в себестоимости, а анализ ее структуры по калькуляционным статьям затрат позволил выявить, за счет каких статей существует эта разница. Данные показывают, что разница по франко составляет 0,80—1,20 р. на 1 м<sup>3</sup> древесины и приходится в основном на статью «Внепроизводственные расходы».

Для определения влияния факторов на себестоимость применяли многофакторный регрессионный анализ. Уравнение регрессии себестоимости 1 м<sup>3</sup> продукции лесозаготовок имеет вид

$$\bar{Y} = 2,1034 + 0,0097X_1 + \frac{0,271}{X_2} + 0,0442X_3 + \frac{65,942}{\sqrt{X_4}} + \\ + 0,0107X_5 - 0,00179X_7 - 0,0108X_8 + 0,22X_9 + 0,094X_{10}.$$

Статистические характеристики уравнения ( $R = 0,80$ ,  $S_{\text{ост}} = 1,42$ ,  $F_{\text{расч}} = 31,42$ ,  $F_{\text{табл}} = 1,91$ ) позволяют сделать вывод о значимости полученного уравнения.

На экономические показатели значительное влияние оказывает множество других объективных факторов, которые не могут быть количественно выражены или отсеиваются в процессе получения уравнения множественной регрессии. В решении данного вопроса мы применяли метод нормализации показателя себестоимости.

Основное содержание метода нормализации экономических показателей — определение и обоснование математических моделей исследуемых факторов для приведения (пересчета) реальных и разнообразных условий к одному какому-либо комплексу условий. На основе моделей нормализованных редуцирующих коэффициентов, разработанных в ЛТА, для решения нашей задачи получена следующая модель нормализованного показателя себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины по пунктам реализации:  $a_p^{\text{жк}}$  — франко-вагон станция отправления и  $a_p^{\text{в}}$  — франко-верхние рюмы.

$$a_p^{\text{жк, в}} = a_p^{\text{жк, в}} \left( 0,9912 + \frac{0,0388}{X_2} \right) (0,9295 + 0,0025X_3) \times \\ \times \left( 0,8317 + \frac{3,366}{\sqrt{X_4}} \right) \left( 0,9642 + \frac{4,5317}{X_7} \right) K_p^{\text{в}} K_M^{\text{жк}} K_p^{\text{жк}},$$

где  $a_p^{\text{жк, в}}$  — аппроксимированный редуцированный показатель себестоимости как функция доли вывозки древесины по франко: железная дорога  $a_p^{\text{жк}} = 7,0022 + 0,00836 X_5$  и верхние рюмы  $a_p^{\text{в}} = 7,8937 - 0,0096 X_6$ ;  
 $X_1$  — доля ели, пихты в составе насаждений, %;

- $X_2$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  
 $X_3$  — среднее расстояние вывозки, км;  
 $X_4$  — объем вывозки, тыс. м<sup>3</sup>;  
 $X_7$  — грузооборот лесовозной дороги, тыс. м<sup>3</sup>;  
 $X_8$  — запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>;  
 $X_9$  — фондовооруженность на одного работающего, тыс. р.;  
 $X_{10}$  — доплаты за северные надбавки и районный коэффициент и выслугу лет ППП к фонду зарплаты, %;

$K_{\text{фр}}^M$ ,  $K_{\text{сп}}^M$ ,  $K_{\text{бр}}^M$  — условно-реальные поправочные коэффициенты по факторам: рельеф местности, породный состав и район страны.

Для определения себестоимости вывозки древесины к железной дороге, верхним рюмам и пункту потребления и переработки необходимо в полученные модели (уравнение регрессии и модель нормализованного показателя) подставить средние взвешенные значения факторов по указанным франко.

Расчеты по полученным моделям позволяют определить факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на себестоимость и ее изменение в зависимости от каждого из вошедших в модель фактора. Выявляется также степень совместного влияния факторов-аргументов на функцию.

Поступила 9 января 1978 г.

УДК 658.0.12

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕЖОПЕРАЦИОННОГО ЗАПАСА СЫРЬЯ

Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

По минимуму суммы расходов предприятия на образование запаса и потерь от дефицита сырья определяется оптимальный межоперационный запас и оптимальная надежность обеспечения предприятия сырьем. Расчетные формулы и номограмма могут быть использованы для оптимизации запасов сырья и материалов в различных отраслях промышленности.

Эффективность функционирования промышленных предприятий в значительной степени определяется межоперационным запасом сырья. Повышение его позволяет уменьшить зависимость работы предприятий от неритмичности и случайных задержек поступления сырья, но в то же время увеличивает расходы на создание и хранение запаса. Поэтому важно определить оптимальную величину этого запаса. В качестве критерия оптимизации можно принять минимум суммы потерь предприятия от дефицита сырья и расходов на создание, хранение и управление запасами.

Транспортные потоки сырья на лесопромышленные, деревообрабатывающие и другие предприятия чаще всего описываются моделью простейшего потока требований. В этом случае надежность бесперебойного обеспечения предприятия сырьем определяется по формуле [1, 2]

$$P = 1 - e^{-\frac{T_n}{cT}}, \quad (1)$$

где  $P$  — вероятность наличия сырья на предприятии;

$T$  — средняя продолжительность интервала времени между моментами поступления сырья (смены);  
 $T_0$  — средняя продолжительность работы предприятия на межоперационном запасе сырья (смены).

Потери предприятия от дефицита сырья за смену

$$B_d = \alpha_d \Pi_c (1 - P) = \alpha_d \Pi_c e^{-\frac{T_c}{eT}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_d$  — удельные потери от дефицита сырья, р./м<sup>3</sup>;  
 $\Pi_c$  — среднесменная производительность предприятия, м<sup>3</sup>/см.

Расходы на создание и поддержание межоперационного запаса в смену

$$B_z = \alpha_z \Pi_c T_0, \quad (3)$$

где  $\alpha_z$  — удельные расходы на создание и поддержание единицы запаса в смену, р./(м<sup>3</sup>·см).

Суммарные потери предприятия за смену, связанные с созданием и поддержанием межоперационных запасов сырья и возможностью появления его дефицита, составляют

$$B_{\Sigma} = \Pi_c (\alpha_d e^{-\frac{T_c}{eT}} + \alpha_z T_0). \quad (4)$$

Из последнего выражения находим такую величину межоперационного запаса сырья, которая обеспечивает минимум суммарных потерь предприятия. Оптимальная величина периода, на который создается запас, в сменах равна

$$T_{\text{опт}} = e T \ln \frac{\alpha_0}{eT} \quad (\alpha_0 \geq eT), \quad (5)$$

где  $\alpha_0 = \frac{\alpha_d}{\alpha_z}$  — отношение удельных потерь от дефицита сырья к удельным расходам на создание межоперационного запаса.

Оптимальная продолжительность периода, на который создается межоперационный запас, определяется только отношением удельных потерь от дефицита сырья к удельным расходам на образование запаса и средней продолжительностью интервала между поставками сырья. Для обеспечения минимума суммы расходов предприятия на создание межоперационного запаса сырья и потерь от его дефицита необходим такой межоперационный запас, чтобы его величина в  $e \ln \frac{\alpha_0}{eT}$  раз превышала объем, необходимый для работы предприятия на протяжении среднего интервала между моментами прибытия транспортных единиц с сырьем. Минимальная сумма потерь предприятия при этом составляет

$$B_{\text{min}} = \alpha_z eT \Pi_c \ln \frac{\alpha_0}{eT} \quad (\alpha_0 \geq eT). \quad (6)$$

Обычно объем межоперационного запаса сырья измеряется числом смен, за которые он полностью расходуется. Это учтено в выражении (5) продолжительностью интервала между поставками сырья и удельной величиной расходов на единицу запаса за смену.

Существенно сократить объем расчетов помогает разработанная номограмма (рис. 1). Она построена в полулогарифмических координатах. По оси абсцисс на логарифмической шкале отложено отноше-

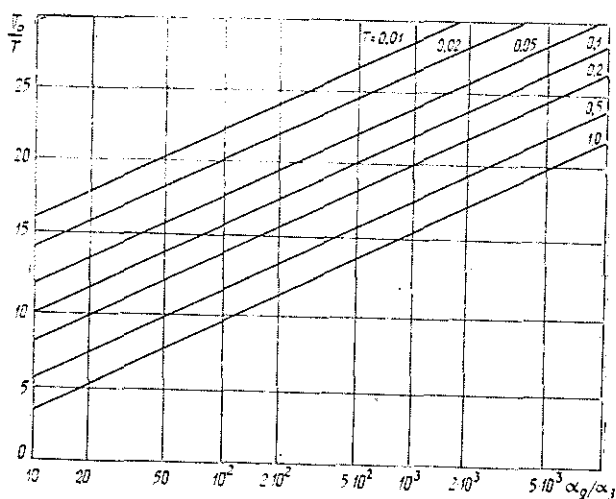


Рис. 1. Номограмма для определения оптимального межоперационного запаса сырья.

ние удельных потерь от дефицита сырья к удельным расходам на создание и поддержание запаса от 10 до 10 000. Наклонные линии по всему полю номограммы соответствуют различной частоте прибытия транспортных единиц с сырьем от 2 до 100 т за смену, т. е. с интервалом от 1 до 0,01 смены. Равномерная шкала на оси ординат соответствует оптимальной продолжительности времени, на которое создается межоперационный запас. Порядок пользования номограммой такой. На оси абсцисс в точке заданного соотношения удельных потерь восстанавливают перпендикуляр и продолжают его до пересечения с наклонной линией, которая соответствует заданному интервалу поставки сырья. От полученного пересечения проводят горизонтальную линию до оси ординат и на ней находят искомую продолжительность времени, на которое следует обеспечить межоперационный запас сырья.

Более общая модель процесса поступления сырья, полуфабрикатов и материалов на промежуточные склады или специальные буферные устройства на лесопромышленных, деревообрабатывающих и других предприятиях — поток Эрланга, параметр которого  $K$  позволяет описать широкий класс потоков от чисто случайных до регулярных. Хотя возможные задержки поставок и для эрланговского входящего потока сырья имеют случайный характер и распределение продолжительности интервалов между соседними моментами задержек тоже можно описать экспоненциальным законом, вероятность образования дефицита сырья на предприятии будет меньше, чем при простейшем потоке. Надежность обеспечения предприятия сырьем при эрланговском процессе поставок составляет

$$P = 1 - e^{-\frac{T_0}{T} \Sigma}, \quad (7)$$

где

$$\Sigma = \sum_{i=0}^{K-1} e^{-K} \frac{K^i}{i!} \approx 0,383K^{0,08}. \quad (8)$$

Оптимальная продолжительность периода, на который рассчитывается межоперационный запас в этом случае, определяется по формуле

$$T_0 = \frac{T}{\Sigma} \ln \frac{a_0}{T} \Sigma. \quad (9)$$

При повышении параметра Эрланга  $K$  от 1 до 5—10 оптимальный межоперационный запас снижается на 10—20%.

Оптимальная надежность обеспечения предприятия сырьем или материалами

$$P = 1 - \frac{T}{a_0 \Sigma} \approx 1 - \frac{T}{a_0} 2,609 K^{-0,98}. \quad (10)$$

Полученные здесь аналитические и графические зависимости позволяют довольно просто и быстро определять оптимальный межоперационный запас сырья, полуфабрикатов и материалов по критерию минимума суммарных расходов для различных предприятий, производить соответствующее нормирование запасов с целью оптимального обеспечения предприятий сырьем и материалами и рационального управления этими запасами. Методика оптимизации запасов может быть использована не только в лесной и деревообрабатывающей, но и в других отраслях промышленности, где процесс поставки материалов и сырья соответствует основным закономерностям потока Эрланга (или простейшего).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дудюк Д. Л., Шургот Б. И. Оптимизация объема страховых запасов сырья. — В сб.: Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Вып. 5. Киев, «Будівельник», 1975, с. 100—102. [2]. Прабху Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами. М., «Машиностроение», 1969.

Поступила 16 января 1978 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 551.513:581.132

К ВОПРОСУ О ПИТАНИИ УГЛЕКИСЛОТОЙ ЛЕСА  
В СОМКНУТОМ ПОЛОГЕ

А. К. СЛАВЯНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Предложена гипотеза отсасывающего действия ветра и образования циркуляционных контуров. Лес в сплошном пологие испытывает недостаток углекислоты и света для фотосинтеза. Для интенсификации этого сложного процесса целесообразно изучить влияние частичной механизированной обрезки кроны в качестве мер ухода за лесом.

По существующим представлениям, необходимое для фотосинтеза количество углекислоты лес в сомкнутом пологие получает в основном путем динамической конвекции (ветер) и в меньшей степени — термической. Роль молекулярной диффузии практически невелика [4].

В указанной работе К. И. Кобак приводится потребность в углекислоте на 1 га леса в количестве 9000 кг/ч, или 2,5 кг/с. Используя данные П. А. Воронцова [1] о скорости воздуха при естественной тепловой конвекции, автор упомянутой работы высчитала, что из воздушного пространства на 1 га леса в крону входит вместе с воздухом 8784 кг/ч углекислоты, что полностью удовлетворяет потребность в ней.

По-видимому, вопрос сложнее, так как сомнения возникают при попытке определить сопротивление, которое должен преодолеть воздух, проходящий через крону, и при анализе распределения статического давления при ветре. В упомянутой работе с этих позиций вопрос не рассматривается.

Если принять, что в 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится 0,5 г углекислоты [7], то для передачи 2,5 кг/с на 1 га леса через крону должно пройти 5000 м<sup>3</sup> воздуха в 1 с. Скорость его в кроне леса определится живым сечением, которое допустим в пределах 0,5—0,9 в зависимости от густоты деревьев и направления потока. При движении воздуха сверху вниз (поперек листа) сечение будет минимальным и средней скоростью воздуха можно считать равной 1 м/с, т. е. (5000 м<sup>3</sup> : 5000 м<sup>2</sup>). Для определения сопротивлений воспользуемся общеизвестной формулой

$$h = \lambda \frac{l}{d} \frac{W^2}{2g} \gamma \quad [3],$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения;

$l$  — длина;

$d$  — диаметр;

$W$  — скорость;

$\gamma$  — объемный вес воздуха.

Для сложных сечений принимается эквивалентный диаметр

$$d_{\text{экв}} = \frac{4f}{\Pi},$$

где  $f$  — поперечное сечение потока;

$\Pi$  — омываемый потоком (смоченный) периметр.

Подставляя в формулу значение  $d_{\text{экв}}$ , получим

$$h = \lambda \frac{\Pi W^2 \gamma}{8gf},$$

где произведение  $\Pi$  можно принять как омываемую поверхность  $F$ , в которую включается вся поверхность листы или хвои, а также поверхность ветвей, сучьев и ствола. Поверхность листы, например, у дуба, в 10 раз больше площади проекции его кроны [8]. Поверхность 1 кг хвои составляет 16 м<sup>2</sup>, а выход ее с 1 га в 40-летнем возрасте достигает 16 т [8]. Таким образом, поверхность хвои соснового леса может быть в 25 раз больше площади леса. Учитывая, что в эти цифры не входит поверх-

ность ветвей и сучьев, а также подлеска, примем в среднем для смешанного леса его поверхность в 20 раз больше площади. В пересчете на 1 м<sup>3</sup> кроны при высоте ее 10 м получим поверхность 2 м<sup>2</sup>.

Важное значение имеет коэффициент сопротивления  $\lambda$ , который нужно определять экспериментально, так как использование различных формул по аналогии будет весьма неточным. Определим этот коэффициент из имеющегося опыта. Так, по данным В. П. Молчанова [6], при скорости ветра над пологом леса 7 м/с в пологе она уменьшалась до 1,35 м/с, а у земли до 0,1 м/с. Отсюда потеря скоростного напора

$$h = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \quad \gamma = \frac{7^2 - 1,35^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,2 = 2,9 \sim 3,0 \text{ мм вод. ст.}$$

Приравняв сопротивление полога найденной потере скоростного напора в нем, из приведенной формулы получим коэффициент сопротивления

$$\lambda = \frac{8hgf}{FW^2\gamma} = \frac{8 \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{2 \cdot 1,35^2 \cdot 1,2} = 27$$

для 1 м<sup>3</sup> кроны при движении потока сверху вниз. Используя полученный коэффициент сопротивления, определим среднюю потерю напора, необходимую для продвижения воздуха на площади в 1 га сверху вниз в крону леса:

$$h = \frac{\lambda FW^2\gamma}{8gf} = \frac{27 \cdot 200\,000 \cdot 1^2 \cdot 1,2}{8 \cdot 9,81 \cdot 5000} = 16 \text{ мм вод. ст.}$$

Из приведенного ориентировочного расчета видно, что сопротивление кроны может быть большим, и его невозможно преодолеть за счет скоростного напора воздуха, двигающегося при естественной тепловой конвекции со скоростью 0,4 м/с [1]. Однако не следует рассматривать крону непроницаемой для воздуха. В соответствии с напором скорости поступления воздуха и количество его будут в несколько раз меньше потребности.

При динамической конвекции, т. е. при ветре, тем более трудно представить поступление углекислоты сверху вниз из атмосферы над всей площадью сомкнутой кроны леса, так как в связи с большей скоростью ветра над пологом леса давление будет меньше, чем в пологе, что следует из закона Д. Бернулли, по которому сумма скоростного и статического напоров постоянна. Поэтому если разность скоростных напоров над лесом и в пологе равна 3 мм вод. ст., то над пологом леса статическое давление будет на 3 мм ниже, чем в пологе, и вместо продвижения воздуха сверху вниз получится обратная картина отсасывания воздуха из кроны в окружающее пространство. В соответствии с приведенным распределением скоростей по В. П. Молчанову максимальное статическое давление будет у земли, где при тихой погоде наблюдается максимальное содержание углекислоты; днем при ветре она отсасывается и концентрации выравниваются.

В разрезах лесного полога, на полянах и прогалинах разность в скоростях воздушного потока значительно меньше, соответственно уменьшаются разности давлений, вследствие чего могут возникнуть нисходящие воздушные потоки с дальнейшим растеканием воздуха по подстилке к местам его отсасывания и образованием больших или малых циркуляционных контуров. Отсюда напрашивается вывод о целесообразности специального устройства в кроне равномерных коридоров для циркуляции воздуха и подачи нужного количества углекислоты. Одновременно это позволило бы улучшить освещенность сомкнутого полога, затененная зелень которого почти не работает.

В садоводстве известны опыты, показывающие, что у затененной яблони выход сухих веществ в 10 раз меньше, чем у освещенной. Вероятно, и лес, затененный в сплошном пологе, работает на 1/10 возможной производительности. Поэтому специальная обрезка кроны могла бы улучшить освещенность, подачу углекислоты и увеличить КПД фотосинтеза и соответственно выход древесины.

Для улучшения условий роста товарной древесины проводят различные рубки ухода, при которых удаляют мешающие деревья, но не трогают кроны, так как по установившемуся мнению, обрезка кроны уменьшает ассимиляционный аппарат и снижает прирост древесины. Между тем опыт садоводов показывает, что после боковой обрезки яблонь в садах по направлению с севера на юг площадь листвы на следующий год увеличивается на 47% [2, 5], следовательно, дерево не ослабевает, а наоборот становится сильнее. При этом машинная обрезка боковых ветвей считается безвредной для дерева.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воронцов П. А. О конвективном движении в приземном слое атмосферы. — Труды Главной геофизической обсерватории. Л., 1952, № 32, с. 4—33. [2]. Г р и



ненко В. В. Фотосинтез и обрезка. — «Садоводство», 1966, № 11. [3]. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., Госхимиздат, 1961. [4]. Кобак К. И. Режим углекислоты некоторых насаждений Северо-Западной таежной зоны СССР. Дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук. Л., 1965 (Библиографический журнал ЛТА). [5]. Кудрявец Р. П. Новые высокопродуктивные формы кроны плодовых деревьев. М., Изд-во МГУ, 1974, с. 19, 38, 57. [6]. Молчанов В. П. Вертикальное распределение скорости ветра в сосновых насаждениях. — Сборник работ по лесному хозяйству. Вып. 4. М.—Л., Гослесбумиздат, 1961, с. 292—301 (ЛенНИИЛХ). [7]. Росс Ю. Солнце, растение и математика. — «Наука и жизнь», 1973, № 7, с. 36. [8]. Эйтинген Г. Р. Лесоводство. М., Сельхозгиз, 1959, с. 55.

УДК 634.0.114.26

## О ПЕСТРОТЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ В ВЕРХНИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТАХ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Б. Д. ЗАЙЦЕВ  
ВНИИЛМ

Работа связана с изучением вопроса о неоднородности поглотительной способности почвенного покрова в пределах элементарного выдела.

В предыдущих наших сообщениях [2—4] были освещены вопросы о пестроте агрохимических показателей, мощности генетических горизонтов и содержании в них органического вещества, с применением методов биометрии, на двух объектах, занятых

Таблица 1

Генетические горизонты	Биометрические показатели	Показатели поглотительной способности почв					
		Обменный водород	Обменный кальций	Обменный магний	Сумма обменных оснований	Емкость поглощения	Степень насыщенности основаниями
Мелкодерновая среднеподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке							
A <sub>0</sub>	Лимиты	10,3—49,7	21,4—91,8	6,6—25,0	29,8—109,2	54,7—130,3	45—84
	M	22,8	49,8	14,8	64,0	86,8	73
	P	8,2	7,3	7,6	6,7	5,1	3,3
A <sub>1</sub>	Лимиты	2,3—17,5	0,9—21,4	0,5—10,6	1,4—32,0	6,9—38,1	9—83
	M	9,8	5,4	10,1	7,6	17,4	41,4
	P	8,1	12,0	20,5	18,0	7,0	2,0
A <sub>2</sub>	Лимиты	3,5—9,6	0,8—6,1	0,4—5,1	0,8—11,2	6,2—15,2	11—76
	M	5,7	5,4	1,5	3,7	9,3	39
	P	7,0	18,0	16,0	12,5	5,7	2,7
A <sub>2</sub> —B	Лимиты	3,0—15,5	0,5—9,6	0,7—10,3	1,2—15,4	7,3—24,0	7—77
	M	7,4	9,1	3,7	8,4	15,8	49
	P	10,0	9,6	10,5	7,1	5,3	2,2
Мелкодерновая слабоподзолистая почва на тяжелом покровном суглинке							
A <sub>1</sub>	Лимиты	1,2—6,5	7,2—24,1	1,4—6,0	2,6—29,3	13,8—29,6	57—98
	M	2,7	13,0	3,5	16,4	19,1	86
	P	11,5	6,4	6,3	6,2	4,2	2,4
A <sub>1</sub> —A <sub>2</sub>	Лимиты	2,4—10,2	1,8—11,0	0,6—3,0	2,5—14,0	8,7—16,7	26—77
	M	5,9	4,4	1,7	6,1	12,0	51
	P	6,9	8,4	5,9	7,2	4,1	4,6
A <sub>2</sub> —B	Лимиты	1,8—18,4	1,4—10,3	0,6—4,0	2,0—13,8	7,1—26,3	28—76
	M	5,4	5,5	2,3	7,9	13,2	60
	P	12,8	8,7	7,8	8,0	8,0	4,3

лесными подзолистыми почвами тяжелого механического состава (Московская область).

На тех же объектах методами, установленными К. К. Гедройцем [1], нами было изучено такое важное свойство почвы, как содержание обменных катионов. Анализировали те же образцы почв, что и в предшествовавших исследованиях, при той же 25-кратной повторности. В данном сообщении приводятся следующие биометрические показатели пестроты поглотительной способности почв (табл. 1): лимиты — пределы колебаний полученных величин; средние арифметические величины  $M$ ; процентированные ошибки  $P$ .

Эти данные позволяют установить размах и коэффициенты вариации  $v$ , исходя из отношения  $v = 5P$ .

Величины, характеризующие поглотительную способность, были выражены в миллиграммах-эквивалентах на 100 г сухой почвы.

В таблице дается также характеристика элементарного почвенного выдела и генетических горизонтов, подвергшихся изучению. Цифры лимитов свидетельствуют о возможности больших колебаний величин, характеризующих поглотительную способность верхних генетических горизонтов изученных почв. Точность получаемых средних величин, как показывают цифры процентированной ошибки  $P$ , может быть различной. Наибольшая точность присуща степени насыщенности генетических горизонтов основаниями ( $P = 2,0 \div 4,6$ ). Для емкости поглощения  $P < 5$  только в двух случаях на втором объекте. Преобладают процентированные ошибки в пределах от 5 до 10 (21 случай).  $P > 10$  в девяти случаях, предельная цифра — 20,5.

Более значительна пестрота содержания обменных катионов на элементарном выделе — мелкодерновой среднеподзолистой почве, особенно в генетических горизонтах  $A_1$  и  $A_2$ . Можно думать, что последнее связано с несовершенством глазомерного установления границ этих горизонтов.

Дальнейшая задача — сопоставление, критическое рассмотрение и оценка всего комплекса примененных нами методов изучения пестроты почвенного покрова в пределах элементарного выдела.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гедройц К. К. Химический анализ почв. М., Сельхозгиз, 1932. [2]. Зайцев Б. Д. Опыт применения агрохимических методов анализа при изучении свойств лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 5. [3]. Зайцев Б. Д. Материалы к характеристике пестроты морфологических свойств верхних горизонтов лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 2. [4]. Зайцев Б. Д. О пестроте содержания органического вещества в верхних горизонтах лесных подзолистых почв. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 4.

УДК 634.0.56

### ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ДИНАМИКА ТОВАРНОСТИ УСЛОВНО РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАРПАТСКИХ ЕЛЬНИКОВ

Е. И. ЦУРИК

Львовское отделение Института ботаники АН УССР

Составлен эскиз таблиц хода роста и динамики товарности для условно разновозрастных карпатских ельников Ia, I, II и III классов бонитета, произрастающих на разных высотах над уровнем моря. Рассчитаны возрасты количественной, технической и хозяйственной спелости и рекомендованы обоснованные возрасты главных рубок.

Ельники Украинских Карпат характеризуются значительным разнообразием роста, продуктивности и товарности. Эти различия, обусловленные мозаичностью рельефа, почвенных и климатических условий местопроизрастания, происхождением, хозяйственным режимом выращивания и лесоводственно-таксационным строением самих древостоев, необходимо учитывать при их таксации и ведении лесного хозяйства.

Для изучения особенностей роста и качественного состояния условно разновозрастных (УР) карпатских ельников использованы материалы таксации 35 пробных площадей и 624 модельных и учетных деревьев. Пробные площади заложены в чистых, высокополнотных еловых древостоях 60—140 лет, Ia, I, II и III классов бонитета, произрастающих на высоте 900—1400 м над уровнем моря в Карпатах.

По схеме типов возрастной структуры [7] изучаемые еловые древостой отнесены к условно разновозрастным и характеризуются коэффициентами варьирования возраста от 12 до 24%, диаметра — от 30 до 35%, высот — от 14 до 20%. При такой изменчивости таксационных показателей эти ельники сохраняют еще сравнительно устойчивое строение по диаметру, высоте и объему, что в принципе оправдывает составление соответствующих таксационных таблиц, позволяющих производить их таксацию синтетически, без выделения возрастных поколений.

В основу группировки пробных площадей и анализа их однородности по типам леса и классам бонитета положен метод ЦНИИЛХа [2] с известными дополнениями кафедры лесной таксации УСХА [1, 3]. Гомогенность естественных рядов развития древостоев оценивали по отклонениям средних высот до 10%, диаметров до 15% и видовых чисел до 8% от выравненных значений этих таксационных показателей по корреляционным уравнениям. Последние получены методом наименьших квадратов с использованием ЭЦВМ. Их параметры приведены в табл. 1, а диапазон применимости ограничивается возрастными  $60 < A < 140$  лет и соответствующими этим возрастам пределами изменения других таксационных показателей изучаемых условно разновозрастных еловых древостоев.

Таблица 1

Коррелируемые средние таксационные показатели ельников	Виды и параметры уравнений регрессии
Высота $H$ , м, и возраст $A$ , 10 лет, по классам бонитета	
Ia	$H = -0,7 + 4,75A - 0,158A^2$
I	$H = -1,6 + 4,60A - 0,156A^2$
II	$H = -3,9 + 4,45A - 0,154A^2$
III	$H = -7,8 + 4,30A - 0,152A^2$
Диаметр $D$ , см, и возраст $A$ , 10 лет, по классам бонитета	
Ia	$D = -6,4 + 6,125A - 0,1844A^2$
I	$D = -7,8 + 5,850A - 0,1750A^2$
II	$D = -9,0 + 5,565A - 0,1656A^2$
III	$D = -10,6 + 5,300A - 0,1563A^2$
Сумма площадей сечения $G$ , м <sup>2</sup> , и средняя высота $H$ , м	$G = 5,18 + 2,643H - 0,0265H^2$
Видовая высота $HF$ , м, и высота $H$ , м для пояса нижнегорного верхнегорного	$HF = 1,41 + 0,495H - 0,0031H^2$ $HF = 0,79 + 0,499H - 0,0037H^2$
Процент ликвида $P_L$ и средний диаметр $D$ , дм	$P_L = 92,0 - 5,55D^{-3,0}$
Процент деловой древесины $P_{дл}$ и средний диаметр $D$ , дм	$P_{дл} = 87,5 - 92,3D^{-3,4}$
Процент крупной деловой древесины $P_K$ и средний диаметр $D$ , дм	$P_K = 4,85D^{3,52} e^{-0,57D}$
Процент мелкой деловой древесины $P_M$ и средний диаметр $D$ , дм	$P_M = 4,70 + 83,0D^{-1,55}$

Для указанного интервала найденные уравнения в совокупности с известными в лесной таксации формулами вычисления остальных таксационных показателей, как производных от уже выравненных, представляют собой приближенную таксационно-математическую модель эскиза таблиц хода роста, продуктивности и динамики товарности оставляемой части условно разновозрастных карпатских ельников Ia, I, II и III классов бонитета по высотно-экологическим поясам. Табличная форма этой модели, полученная в результате табулирования перечисленных зависимостей, приведена в табл. 2.

Рассмотрим некоторые особенности динамики таксационных показателей изучаемых условно разновозрастных карпатских ельников в сравнении с данными всеобщих [5] и местных [6, 7] опытных таблиц для одновозрастных (О) и условно одновозрастных (УО) еловых древостоев. Ход роста их высоты в границах изучаемых возрастов практически совпадает со средней линией дифференцированной бонитировочной шкалы проф. К. Е. Никитина [6] для древостоев с относительно медленным

Таблица 2

воз- раст, лет	Средние		Число стволов, шт.	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Высота стволов, м	Высота число, 0,001	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup>				Изменение запаса						
	высо- та, м	ди- аметр, см					деловая		итого ликвида	от- ходы	всего	сред- нес, м <sup>3</sup>	среднее периодическое				
							крупная	средняя					мелкая	итого	м <sup>3</sup>	%	
60	23,5	23,7	1194	52,7	11,4	483	128	283	84	495	54	549	50	599	9,9	10,3	1,7
70	26,2	27,4	953	56,2	12,3	469	190	320	75	585	51	634	57	691	9,9	9,2	1,3
80	28,6	30,8	794	59,1	13,1	457	289	305	66	660	50	708	63	771	9,6	8,0	1,0
90	30,7	33,8	681	61,3	13,7	447	367	297	58	722	50	770	69	839	9,3	6,8	0,8
100	32,4	36,4	605	63,0	14,2	439	444	280	51	775	50	823	73	896	9,0	5,7	0,6
110	33,8	38,7	548	64,3	14,6	433	509	261	45	815	50	865	76	941	8,6	4,5	0,5
120	34,9	40,5	505	65,2	15,0	428	559	245	40	844	50	896	79	975	8,1	3,4	0,3
130	35,7	42,1	474	65,8	15,2	422	601	229	36	866	50	918	81	999	7,7	2,4	0,2
140	36,2	43,2	451	66,2	15,3	422	625	219	32	876	50	930	82	1012	7,2	1,3	0,1

Нижнегорный пояс (до 1150—1200 м над уровнем моря)

IIa класс бонитета, высота над уровнем моря 850—1150 м,  
 C<sub>3</sub>(D)<sub>3</sub> — влажная карпатская буково-пихтовая сурамень (рамень), ельник-кисличник

60	20,4	21,0	1387	48,0	10,2	502	78	232	85	395	56	451	42	493	8,2	9,6	1,9
70	23,0	24,6	1092	51,9	11,2	487	136	271	76	483	49	532	49	581	8,3	8,8	1,5
80	25,2	27,8	906	55,0	12,0	474	202	286	68	555	48	603	55	658	8,2	7,7	1,2
90	27,2	30,7	777	57,4	12,6	464	269	289	62	620	47	665	59	724	8,0	6,6	0,9
100	28,8	33,2	685	59,3	13,1	456	331	283	56	670	47	715	64	779	7,8	5,5	0,7
110	30,1	35,4	618	60,8	13,5	449	388	270	50	708	47	755	67	822	7,5	4,3	0,5
120	31,1	37,2	568	61,8	13,8	445	437	256	46	739	47	786	69	855	7,1	3,3	0,4
130	31,8	38,6	533	62,5	14,1	442	473	244	43	760	47	807	71	878	6,8	2,3	0,3
140	32,2	39,8	505	62,8	14,2	440	500	232	39	771	47	818	72	890	6,4	1,2	0,1

I класс бонитета, высота над уровнем моря 900—1200 м,  
 C<sub>3</sub>(C<sub>3</sub>) — влажная (свежая) карпатская сурамень, ельник кислично-зеленомошниковый

Продолжение табл. 2

воз-раст, лет	Средние		Число стволов, шт.	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Выловая высота, м	Выловое число, % от 100	Запас ствольной древесины, м <sup>3</sup>				Изменение запаса						
	высо-та, м	ди-аметр, см					деловая		дрова	итого ликвида	от-ходы	всего	сред-нее, м <sup>3</sup>	среднее периодическое			
							крупная	средняя						мелкая	итого	№	%
Верхнегорный пояс (выше 1150—1200 м над уровнем моря)																	
II класс бонитета, высота над уровнем моря 1150—1300 м, C <sub>3</sub> (C <sub>2</sub> ) — влажная (свежая) карпатская чистая сурамень, ельник-черничник																	
60	17,3	18,4	1611	42,9	8,3	481	39	156	74	269	55	324	32	356	5,9	8,1	2,3
70	19,7	21,8	1256	47,0	9,2	466	76	204	70	350	45	395	36	431	6,2	7,5	1,7
80	21,8	24,9	1032	50,3	9,9	454	120	232	64	416	41	457	42	499	6,2	6,8	1,4
90	23,7	27,7	881	52,9	10,5	445	170	243	58	471	40	511	46	557	6,2	5,8	1,0
100	25,2	30,1	774	55,0	11,0	437	217	246	53	516	39	555	50	605	6,1	4,8	0,8
110	26,4	32,2	696	56,5	11,4	431	261	242	49	552	39	591	53	644	5,9	3,9	0,6
120	27,3	33,9	638	57,6	11,7	427	295	238	45	578	39	617	55	672	5,6	2,8	0,4
130	27,9	35,3	594	58,3	11,8	424	325	228	42	593	39	634	56	690	5,3	1,8	0,3
140	28,2	36,4	502	58,7	11,9	423	346	219	39	604	38	642	57	699	5,0	0,9	0,1
III класс бонитета, высота над уровнем моря 1250—1400 м, B <sub>3</sub> (B <sub>2</sub> ) — влажная (свежая) карпатская словая суборь, ельник чернично-зеленомошниковый																	
60	14,1	15,6	1948	37,2	7,1	503	17	95	66	178	61	239	25	264	4,4	7,0	2,7
70	16,5	18,9	1483	41,5	8,0	488	40	148	67	255	48	303	29	332	4,7	6,8	2,0
80	18,5	21,8	1201	45,0	8,7	473	69	186	64	319	41	360	33	393	4,9	6,1	1,6
90	20,2	24,5	1013	47,7	9,4	463	103	210	59	372	38	410	37	447	5,0	5,4	1,2
100	21,6	26,8	885	49,9	9,8	455	140	219	55	414	36	450	41	491	4,9	4,4	0,9
110	22,7	28,8	791	51,5	10,2	450	174	223	51	448	36	484	43	527	4,8	3,6	0,7
120	23,5	30,5	721	52,7	10,5	446	203	223	47	473	35	508	45	553	4,6	2,6	0,5
130	24,0	31,9	668	53,4	10,6	444	226	217	44	487	35	522	46	568	4,4	1,5	0,3
140	24,2	33,9	627	53,6	10,7	443	242	211	41	494	34	528	47	575	4,1	0,7	0,1

ростом в молодом возрасте по всем четырем классам бонитета. В сравнении с опытными таблицами хода роста других категорий ельников, рост в высоту исследуемых несколько интенсивнее в старом и медленнее в молодом возрасте, что свидетельствует о наличии угнетающего влияния материнского полога на подрост, из которого последние сформировались. Характерно также, что максимальной средней высоты условно разновозрастные ельники в Карпатах достигают сравнительно позже, чем разновозрастные и условно одновозрастные. Их текущие приросты в высоту по всем классам бонитета в 100-летнем возрасте на 20—22% больше, чем одновозрастных, и на 15—17%, чем условно одновозрастных.

Рост среднего диаметра аналогичен характеру изменения высот: относительно медленный в молодости, с возрастающей интенсивностью по мере старения древостоев. При этом с увеличением возраста расхождения между данными сравниваемых таблиц и материалами исследования уменьшаются. Темп приростов диаметра условно разновозрастных ельников несколько выше, чем высоты. Поэтому их так называемый средний сбег (отношение средних диаметров к средним высотам) оказывается заметно больше, чем для условно одновозрастных карпатских ельников (табл. 3). Эта особенность условно разновозрастных древостоев обусловлена большей глубиной и вертикальной сомкнутостью полога и находит свое выражение в меньшей полнотности стволов. Видовые числа и наличные запасы изучаемых ельников меньше, чем одновозрастных и условно одновозрастных (особенно при больших средних высотах), хотя абсолютные полноты у всех практически одинаковы.

Таблица 3

Класс бонитета	Средняя высота, м	Средний сбег		Видовое число		
		УО	УР	О*	УО	УР
Ia	20	0,95	0,96	0,505	0,487	0,505
	25	0,98	1,03	0,489	0,480	0,475
	30	1,01	1,07	0,479	0,475	0,450
	35	1,11	1,18	0,472	0,472	0,428
II	15	1,05	1,03	0,530	0,504	0,496
	20	1,07	1,12	0,505	0,476	0,465
	25	1,12	1,19	0,489	0,457	0,438

\* По данным Г. А. Ходота [6].

К числу отличительных особенностей роста условно разновозрастных карпатских ельников следует отнести своеобразный ход текущих изменений их наличных запасов. В 100—120-летнем возрасте интенсивность роста изучаемых условно разновозрастных еловых древостоев по запасу выше, чем одновозрастных и условно одновозрастных.

Таблица 4

Тип возрастной структуры	Средний диаметр, см	Ликвид	Деловая	В том числе крупная и средняя, % от деловой	Дрова	Отходы
		% от запаса			% от запаса	
УО	16	91,8	83,6	54,1	8,2	8,2
	24	92,1	88,1	78,7	4,0	7,9
	36	92,2	89,9	95,6	2,3	7,8
УР	16	90,6	68,9	64,7	21,7	9,4
	24	91,6	82,8	83,4	8,8	8,4
	36	91,9	86,3	93,3	5,6	8,1

Товарная структура запаса условно разновозрастных ельников характеризуется сравнительно высоким выходом деловой древесины (табл. 4): до 85—87% от стволовой при средних диаметрах больше 30 см. В сравнении с условно одновозрастными карпатскими ельниками в изучаемых древостоях процент выхода ликвидной и деловой древесины заметно меньше, а дров и отходов больше. Так, при среднем диаметре 16 см разница в выходе деловой равна —14,7%, дров +13,5% и отходов +1,2%. С увеличением возраста эти различия уменьшаются, составляя при среднем диаметре 36 см соответственно —3,6; +3,3 и +0,3%.

Своеобразные различия наблюдаются в распределении деловой древесины по категориям крупности. В отличие от условно одновозрастных, процент выхода крупных

Таблица 5

Класс бонитета	Возраст спелости, лет			Возраст главной рубки, лет	
	количественной	технической	хозяйственной	по Генеральному плану	рекомендуемый
Ia	73	88	82	61—70	81—100
	60	82	79		81—100
I	79	95	87	81—100	101—120
	71	91	88		101—120
II	82	99	90	} 101—120	101—120
	83	98	94		
III	88	106	96		101—120
	89	107	102		

Примечание. В числителе данные для УО ельников; в знаменателе — для УР.

и средних деловых сортиментов в условно разновозрастных ельниках выше при малых и ниже при больших средних диаметрах. Такое распределение связано с большим варьированием значений таксационных признаков изучаемых древостоев, при котором соотношение крупномерных и тонкомерных деревьев при равных средних диаметрах иное, чем в условно разновозрастных ельниках [7].

В заключение сравним возрасты спелости условно разновозрастных и условно разновозрастных карпатских ельников, найденные по методике К. Е. Никитина [4] с использованием ЭЦВМ (табл. 5). Как видно из приведенных данных, возрасты количественной, технической и хозяйственной спелости сравниваемых еловых древостоев различаются мало, что позволяет рекомендовать для них одинаковые возрасты главных рубок. Как и для условно разновозрастных ельников [7], исходя из расчета ведения хозяйства на получение крупных и средних деловых сортиментов, возрасты рубок целесообразно, по сравнению с установленными Генеральным планом развития лесного хозяйства УССР в 1957 г., повысить в условиях нижнегорного пояса на один 20-летний класс.

Составленный эскиз опытных таблиц хода роста и динамики товарности для условно разновозрастных карпатских ельников и анализ материалов исследования указывают на необходимость дифференцированного подхода к еловым лесам Карпат при их таксации, планировании мероприятий по ведению в них хозяйства, расчете и организации рационального лесопользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Давидов М. В., Никитин К. Е., Руденко Ю. М., Савич Ю. М. Удосконалення методів таксації насаджень та обліку лісів УРСР. — В кн.: Підвищення продуктивності лісів. Научні твори УСХА. Київ, 1968. [2]. Курбатский Н. П., Мокеев Г. А. Методика исследования хода роста древостоев, установления пригодности существующих и составления новых таблиц хода роста. ЦНИИЛХ. В сб.: Вопросы лесной таксации. Л., Гослестехиздат, 1937. [3]. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. Киев, «Урожай», 1966. [4]. Никитин К. Е. Применение ЭВМ в лесной таксации. М., «Лесная промышленность», 1972. [5]. Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М.—Л., Сельколхозгиз, 1931. [6]. Ходот Г. А. Исследование роста карпатских ельников. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, 1959. [7]. Цурлик Е. И. Таксационные исследования ельников Украинских Карпат. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Киев, 1973.

УДК 634.0.431

## ОСОБЕННОСТИ ПОДСТИЛОЧНО-ГУМУСОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЧИСТЫХ ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ

С. М. ВОНСКИЙ, Л. В. ТЕТЮШЕВА

ЛенНИИЛХ

Охарактеризована одна из пирологических особенностей чистых ельников-черничников: незначительная опасность возникновения и слабая интенсивность подстилочно-гумусовых пожаров.

Изучение пожаров в чистых дренированных ельниках черничных с напочвенным пьеровым из зеленых мхов показало, что в этих условиях низовые пожары не распространяются. Это объясняется спецификой материалов мохового яруса напочвенного покрова. Известно, что основным горючим материалом для низового пожара является моховой ярус напочвенного покрова. В ельниках зеленые мхи подавляются еловым опадом из хвон. Количество зеленых мхов становится настолько малым, что низовой пожар не может по ним распространяться. А сама еловая хвоя, проваливаясь между стебельками зеленого мха, образует в нем плотный слой, который из-за своей структуры не может гореть в пламенной фазе, столь характерной для кромок: низового пожара. Фактически в пламенной фазе может гореть только верх мохового яруса зеленых мхов.

Для чистых ельников черничных типичны подстилочно-гумусовые пожары, которые характеризуются беспламенным горением подстилки. Подстилка, как правило, прогорает на всю глубину до минерального слоя почвы.

Кромка пламени не распространяется по опадку из еловой хвон, а характерна только для сосновой хвон. Для сопоставления запасов мохового яруса в сосняках и ельниках черничных на выделенных опытных участках этих типов леса собирали образцы горючих материалов. В сосняках было взято 13, а в ельниках — 12 однометровых площадок (табл. 1). Дан абс. сухой вес горючих материалов. Высота мхов в сосняке — 5,9 см, в ельнике — 5,4 см.

Таблица 1

Наименование горючего материала	Ельник черничный	Сосняк черничный	Соотношение запасов в сосняках и ельниках	Вероятность
	г/м <sup>2</sup>			
Верх мохового яруса	90	175	1,95	0,001
Низ мохового яруса	92	291	3,26	0,001
Весь моховой ярус	182	466	2,56	0,001
Опад во мхах	364	457	1,26	0,1
Весь запас	546	923	1,69	0,091

Расхождение между средними запасами горючих материалов в сосняках и ельниках очень существенно. А если учесть, что в сосняках черничных опающая сосновая хвоя пронизывает зеленые мхи и вместе с ними горит пламенно в кромке низового пожара, а в ельниках черничных весь запас по своей структуре не может участвовать в пламенном горении, кроме верхнего слоя мхов, то суммарное соотношение горючих материалов для низового пожара в этих случаях будет не 1,7, а около 10. Последний результат получен при соотношении веса верха мохового яруса в ельнике (90 г) и общего запаса горючих материалов в сосняке (923 г).

Нашими наблюдениями установлено, что линейная скорость распространения подстилочно-гумусовых пожаров варьировала от 0,5 до 5,2 см/ч и в среднем из 66 наблюдений составила 2,7 см/ч. Влажность подстилки при этом была 37—40% при влажности напочвенного покрова 15—20%, подстилка прогорала на всю мощность (до 10—12 см).



Скорость нарастания периметра пожара от точечного источника огня (костер) колебалась от 8 до 33 см/ч (в среднем 20 см/ч). Нарастание площади — от 8,3 до 23,3 дм<sup>2</sup> в час (в среднем 17 дм<sup>2</sup> в час).

Характерная особенность этих пожаров в том, что они не подавляются осадками в 20 мм, а продолжают медленно распространяться. Для подавления подстилочно-гумусовых пожаров под кронами в ельниках требуется период обложных осадков с суммой их в 50 мм.

Если для чистых ельников черничных с напочвенным покровом из зеленых мхов характерны подстилочно-гумусовые пожары, то для смешанных сосново-еловых древостоев в том же типе леса специфичны интенсивные низовые пожары, после которых, в зависимости от влажности подстилки, могут развиваться подстилочно-гумусовые пожары. Скорости распространения основных параметров низового пожара аналогичны скоростям пожаров в сосняке черничном.

Таким образом, чистые ельники черничные дренированные служат барьером, препятствующим распространению низовых пожаров, что нужно учитывать как при противопожарном устройстве лесной территории, так и при борьбе с огнем в лесу. В лесоустройстве при составлении карты лесов по классам природной пожарной опасности насаждения этого типа леса надо относить к категории участков, мало опасных в пожарном отношении.

УДК 581.331 : 674.032.475.4

## ПАЛИНОМОРФОЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СОСЕН

Б. Т. ТОДУА

Абхазская НИЛОС Тбилисского института леса

Проведено сравнительное палиноморфологическое изучение восьми видов сосен, плодоносящих в условиях Абхазской НИЛОС.

Цель нашей работы — палиноморфологическое изучение сосен: пицундской (*Pinus pityusa* Stev.), эльдарской (*P. eldarica* Medw.), Массоновой (*P. Massoniana* Lamb.), приморской (*P. pinaster* Sol.), алепской (*P. halepensis* Mill.), итальянской (*P. pinea* L.), лучистой (*P. radiata* Don.) и гималайской (*P. griffithii* (*P. excelsa* Wall.)), семеносущих в условиях Абхазской НИЛОС.

Пробу для анализа брали из нижнего, среднего и верхнего ярусов кроны в фазе интенсивного цветения. Фиксацию материала производили в уксусном спирте (1:3), мацерацию — 10%-ным раствором щелочи, протравливание 4%-ным раствором железно-аммонийных квасцов и окраску — ацетокармином.

Согласно общепринятой схеме, окуляр-микрометром измеряли общую длину зерна  $\Sigma$ , длину тела  $A$ , высоту тела  $B$ , длину воздушного мешка  $C$ , высоту воздушного мешка  $D$ , 500 пыльцевых зерен каждого вида сосны, взятых в строго боковом положении (рис. 1, 2). Исчисляли и пределы колебания индексов зерен:  $A/\Sigma$ ,  $A/B$ ,  $A/D$ ,  $A/C$  и  $B/D$ .

Полученные данные отражены в табл. 1, из которой видно характерное варьирование размеров элементов и индексов пыльцевых зерен каждого вида сосны. Более наглядное представление о различиях в степени варьирования размеров элементов зерен пыльцы дают средние значения коэффициентов вариации  $v$ . Для общей длины зерна пыльцы сосны пицундской  $v = 46\%$ , у остальных видов  $v = 9-13\%$ . Для длины тела зерна пыльцы сосны пицундской  $v = 26\%$ , приморской —  $v = 29\%$ , у остальных видов —  $v = 13-17\%$ .

Для высоты тела зерна пыльцы сосны пицундской  $v = 31\%$ , сосны алепской —  $v = 23\%$ , у остальных видов —  $v = 13-18\%$ . Для длины воздушного мешка пыльцы сосны приморской и пицундской  $v = 24-25\%$ . Для высоты воздушного мешка пыльцы у всех представленных видов сосен  $v = 30-42\%$ .

Приведенные в табл. 1 данные позволяют оценить и достоверность разницы между средними значениями элементов пыльцы. Так, например, существует статистически достоверная разница в общей длине зерна пыльцы сосны Массоновой, с одной стороны, и всех остальных видов, с другой. Такое различие наблюдается между сосной алепской и всеми остальными видами, кроме сосны лучистой.

Средняя величина соотношения  $A/B$  показала, что форма тела пыльцы у изучаемых видов сосен сферическая, редко эллипсоидальная. Тип апертуры у всех видов, как типичных голосеменных, дистально-однобороздный, трехщелевой.

Процент фертильных пыльцевых зерен (определенный ацетокарминовым методом) для сосны пицундской в среднем равен 95—96, для сосны Массоновой —

Таблица 1

Параметры зерен и их индексы	Размер элементов, мкм, разных видов сосны							
	Массовой	алевской	лучистой	пихунальской	эльбарской	гималайской	итальянской	приморской
<b>Σ</b>								
максимальная	72,1	78,0	75,1	108,6	85,5	86,5	90,1	104,0
минимальная	59,2	61,8	62,9	69,7	69,1	71,4	78,4	70,0
средняя	67,0 ± 0,3	69,4 ± 0,4	69,0 ± 0,3	74,6 ± 1,5	73,4 ± 0,5	79,8 ± 0,3	86,0 ± 0,3	90,2 ± 0,6
<b>A</b>								
максимальная	50,3	50,1	51,4	68,1	59,8	58,4	61,0	76,5
минимальная	39,5	38,5	40,1	48,9	44,1	42,9	48,1	45,4
средняя	44,2 ± 0,2	44,4 ± 0,2	45,2 ± 0,2	54,2 ± 0,6	52,2 ± 0,3	51,0 ± 0,3	56,6 ± 0,3	59,0 ± 0,7
<b>B</b>								
максимальная	50,1	53,4	46,1	59,3	53,8	51,0	60,5	65,0
минимальная	38,1	40,0	34,9	38,0	40,1	39,1	47,9	44,4
средняя	43,2 ± 0,3	43,6 ± 0,4	40,5 ± 0,2	45,6 ± 0,6	47,6 ± 0,7	45,2 ± 0,2	53,4 ± 0,2	55,6 ± 0,4
<b>C</b>								
максимальная	33,9	31,8	34,1	38,8	36,5	35,0	40,1	44,5
минимальная	24,1	22,1	26,0	24,5	27,7	25,2	29,9	28,9
средняя	28,6 ± 0,2	27,6 ± 0,2	30,5 ± 0,1	31,0 ± 0,7	32,0 ± 0,2	31,6 ± 0,2	35,4 ± 0,2	37,8 ± 0,4
<b>D</b>								
максимальная	49,0	49,0	45,4	49,8	48,0	48,1	52,8	52,9
минимальная	26,1	24,9	23,0	26,1	22,9	23,9	30,1	31,1
средняя	35,6 ± 0,6	37,4 ± 0,5	32,0 ± 0,5	35,0 ± 0,6	37,0 ± 0,6	36,4 ± 0,5	39,2 ± 0,5	44,8 ± 0,5
<b>A/Σ</b>	0,67—0,70	0,62—0,64	0,65—0,68	0,63—0,70	0,64—0,69	0,60—0,68	0,61—0,68	0,65—0,74
<b>A/B</b>	1,00—1,04	0,94—0,96	1,12—1,18	1,15—1,29	1,10—1,11	1,10—1,15	1,00—1,03	1,02—1,18
<b>A/D</b>	1,03—1,51	1,02—1,55	1,13—1,79	1,37—1,87	1,23—1,93	1,21—1,79	1,16—1,60	1,45—1,46
<b>A/C</b>	1,48—1,64	1,58—1,74	1,51—1,58	1,76—1,99	1,59—1,62	1,70—1,85	1,52—1,61	1,57—1,72
<b>B/D</b>	1,02—1,46	1,08—1,61	1,02—1,52	1,19—1,46	1,12—1,75	1,06—1,64	1,15—1,59	1,23—1,43

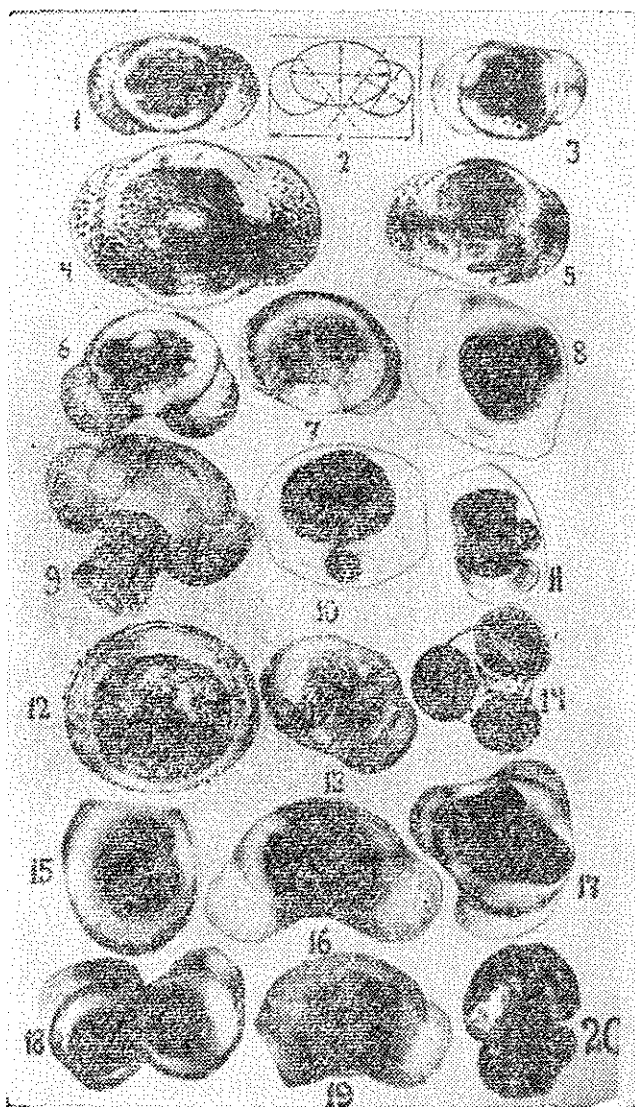


Рис. 1. Аномалии пыльцы сосны пицундской (17, 18, 19, 20), сосны эльдарской (7, 9, 10, 11), сосны Массоновой (6, 13), сосны приморской (5), сосны алепской (12, 15), сосны итальянской (4, 8), сосны лучистой (14, 16) и сосны гималайской (1, 3). 1, 3, 5, 6, 7, 8, 14 об. 40×, ок. 10×. Остальные — об. 90×, ок. 5×.

79—80. Остальные виды сосен мало различались по этому показателю и занимали промежуточное положение.

По общепринятой методике была определена также величина ядерно-плазменных отношений (NP) сифоногенной и генеративной клеток пыльцы. Для четкого разграничения их иногда высвобождали из оболочки (рис. 1, 9, 10, 11) легким нажатием шпателя на покровное стекло, после чего измеряли диаметры. Оказалось, что NP сифоногенной клетки пыльцы пицундской и гималайской сосен находится в пределах 0,025—0,029, лучистой сосны — 0,042—0,046, остальных видов — 0,030—0,034. NP генеративной клетки пыльцы эльдарской и пицундской сосен равен 0,33—0,38, у остальных NP = 0,39 ÷ 0,46.

Обработка полученных данных методом дисперсионного анализа не подтвердила достоверности различия между величинами  $NP$  изучаемых видов сосен.

Из общего количества просмотренных пылевых зерен 78—80% оказались двухклеточными. Остальные были одноклеточными, с некоторыми аномалиями.

В процессе исследования встречались пылевые зерна с одним — тремя и без единого воздушного мешка (рис. 1, 8, 12, 13, 14). Внутри некоторых зерен иногда было по три ядра (рис. 1, 15). Попадались также карликовые зерна (рис. 1, 1, 3), зерна с мешком, диаметр которого был больше диаметра второго мешка (рис. 1, 4), или с очень маленькими воздушными мешками (рис. 1, 5). В некоторых пылевых зернах происходила дегенерация одной или всей клетки (рис. 1, 8, 16). Разрушились и такие микроспоры, которые содержали совершенно одинаковые по размеру две клетки (рис. 1, 6, 7). Неоднократно встречались пылевые зерна, морфологически схожие с пыльцевыми зернами представителей других близких родов и семейств. Изредка (в материале от шишундской сосны) можно было заметить пылевые зерна с гигантским ядром, по всей вероятности, полиплоидным (рис. 1, 17). Такие зерна часто претерпевали деление (рис. 1, 19, 20). Последующие подробные наблюдения за сходным явлением показали, что указанное деление — это типичный амитоз. Данное явление нельзя было принять как псевдоамитоз, полицию или курьезную аномалию, так как хорошо наблюдалась щель наступающего цитокинеза и перешнуровывающее ядро (рис. 1, 18). Дальнейшее поведение таких пылевых зерен нами пока не прослежено.

УДК 674.05

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Е. А. ПАМФИЛОВ, Н. М. ПЕТРЕНКО

Брянский технологический институт

На основании проведенных исследований сделано предположение, что наряду с другими видами изнашивания большую роль в интенсификации изнашивания играет водородный износ. Предложены меры борьбы по уменьшению его влияния.

Проблема повышения износостойкости дереворежущего инструмента — весьма актуальна. Это вызвано интенсификацией режимов резания и повышенными требованиями к качеству продукции деревообрабатывающей промышленности. Однако сложность познания процессов и явлений, происходящих в контакте активной части режущего инструмента с древесной и вызывающих разрушение режущих кромок инструмента и его затупление при резании древесины в различных условиях, затрудняет разработку методов повышения износостойкости.

Изнашивание дереворежущего инструмента, по мнению ряда исследователей, — сложный физико-химический процесс, включающий в различных сочетаниях механическое диспергирование, тепловой, окислительный и абразивный износ, электрохимическую коррозию и электрическую эрозию [3, 4].

По нашему мнению, во многих случаях ведущим процессом может являться водородный износ, обусловленный насыщением водородом материала резов и особенно их активной части. Наводороживание приводит к понижению пластических свойств и появлению хрупкости инструментального материала, а в связи с этим — к интенсификации его изнашивания, особенно резко проявляющемуся в условиях динамических нагрузок, повышенных скоростей и низких температур.

Источник водорода — не только сама древесина, содержащая в своем составе значительное количество водорода, влаги и растворенных в ней кислот, но также процессы, происходящие при резании. Процесс наводороживания интенсифицируется воздействием повышенных температур, достигающих в некоторых случаях 800—840°C [4].

В результате нагрева и сопутствующего ему пиролиза древесины выделяется водород, другие газы и жидкие продукты разложения, следовательно, пиролиз может быть достаточно надежным поставщиком водорода как газообразного, так и входящего в состав различных продуктов разложения.

Каталитическое воздействие на наводороживание поверхностных слоев режущего инструмента, особенно с повышением температуры, оказывает влага, количество которой значительно при первичной переработке древесины.

Проникновение водорода в нижележащие слои металла происходит в случае хотя бы частичной диссоциации в имеющемся в зоне резания электролите. Образовав-

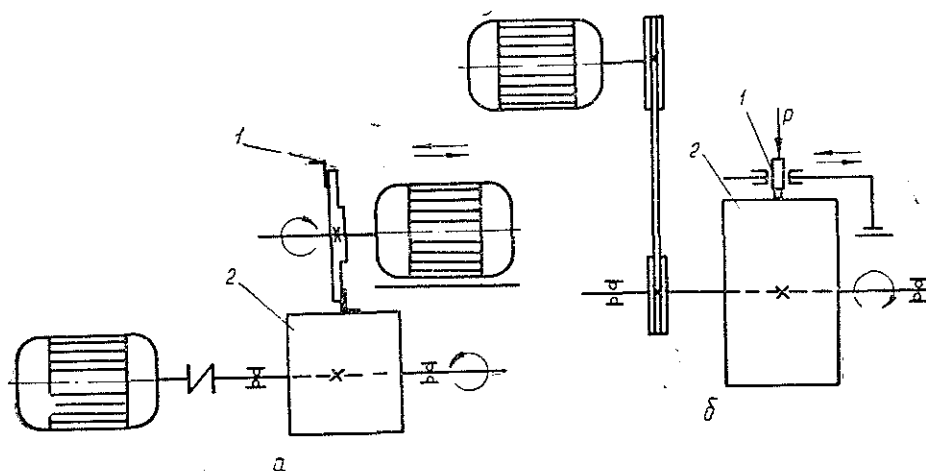


Рис. 1.

*a* — схема испытаний при резании древесины;  
*б* — схема испытаний при трении по древесине.

шиеся в результате диссоциации протоны проникают в глубокие уровни сложных атомов благодаря значительно меньшим размерам по сравнению с атомами металла, соединяются при своем движении с электронами и накапливаются по границам зерен и в различных дефектах, где термодинамически неизбежно происходит молизация водорода, приводящая к значительному увеличению давления в этих микрообъемах и к хрупкости металла [1, 2, 5].

Для подтверждения наших предположений были проведены эксперименты по исследованию наводороживания дереворежущего инструмента в процессе его работы и некоторых сталей при трении по древесине. Испытания проводили на установке нашей конструкции (рис. 1).

Наводороживание и изнашивание при резании (рис. 1, *a*) изучали на образцах 1, представляющих собой зубья пильной цепи ПЦУ-10,26, которые устанавливали на вращающемся диске; ими осуществляли резание вращающегося деревянного контртела 2.

При исследовании материалов в условиях трения по древесине (рис. 1, *б*) образец 1, представляющий собой цилиндр диаметром 10 мм, истирался вращающимся деревянным контртелом 2 при нагрузке на образец 1—5 кгс.

Скорость резания — 45 м/с, подача на зуб при резании — 0,2 мм, материал контртела — сосна влажностью 50—55%.

Кроме того, изучали образцы, испытывавшиеся в условиях подконтрольной эксплуатации на ленточнопильном автомате ЛО-43.

Цель наших исследований — установить факт водородного износа и разработать мероприятия по защите от него.

Содержание водорода в образцах до и после испытаний определяли на установке ЦНИИТМАША «ГАС-6» методом вакуум-плавления. Для фиксации водорода образцы сразу же после испытаний охлаждали холодной водой, затем удаляли продукты износа и исследовали на содержание водорода.

Анализ результатов газовой хроматографии показал значительное увеличение содержания водорода в инструменте после испытаний по сравнению с исходным состоянием. Так, если количество водорода образцов в исходном состоянии для стали марки 9ХФ было в пределах 4—5 мл/100 г, а для стали марки 7ХНМ — 8—9 мл/100 г, то после испытаний содержание водорода увеличилось соответственно в 2—3,5 раза. Если иметь в виду, что количество водорода преимущественно возрастает в поверхностных слоях, то фактически рост его содержания более значителен.

Искусственное насыщение водородом поверхностей образцов перед испытанием показало, что двукратное увеличение содержания водорода в металле приводит к 3—4-кратному возрастанию интенсивности изнашивания.

Для защиты материалов режущего инструмента от водородного износа можно рекомендовать следующее:

- а) уделять внимание подбору химического состава сталей для данных условий эксплуатации, применяя материалы, устойчивые против наводороживания;
- б) улучшать чистоту выплаваемого металла, уменьшая количество примесей и неметаллических включений;
- в) применять предварительный отжиг для уменьшения содержания исходного (металлургического) водорода;
- г) применять покрытия, препятствующие диффузии водорода в металл инструмента;
- д) технология изготовления и термической обработки режущего инструмента должны способствовать уменьшению наводороживания.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Галактионова Н. А. Водород в металлах. М., «Металлургия», 1967.
- [2]. Гаркунов Д. Н., Поляков А. А. Развитие исследований водородного износа и новые задачи. — В сб.: Исследование водородного износа. М., «Наука», 1977.
- [3]. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М., «Лесная промышленность», 1971.
- [4]. Демьяновский К. И. Износостойкость инструмента для фрезерования древесины. М., «Лесная промышленность», 1968. [5]. Карненко Г. В., Крипякевич Р. И. Влияние водорода на свойства стали. М., Metallurgizdat, 1962.

УДК 674.093

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЗОЛА ПРИ ОБРЕЗКЕ ДОСОК  
С ОДНОСТОРОННЕЙ КРИВИЗНОЙ

С. П. КОНОПЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Предложена номограмма для определения длины обзола в зависимости от смещения режущего инструмента от оптимального положения, кривизны и длины необрезной доски.

Отпад от экспортных пиломатериалов по дефектам обработки составляет в среднем от всего отпада по еловым пиломатериалам 89,3%, по сосновым — 72,7% [1]. Удельный вес пиломатериалов, отбракованных по обзолу, равен от всего отпада по еловым пиломатериалам 22,3%, по сосновым — 28,5%. Кроме того, значительная часть пиломатериалов переходит в низшие сорта из-за обзола, размеры которого превышают ограничения ТУ и ГОСТа.

Одна из причин получения обзола — обрезка досок с односторонней кривизной, количество которых составляет до 25% [2] от числа досок, поступающих на обрезные станки.

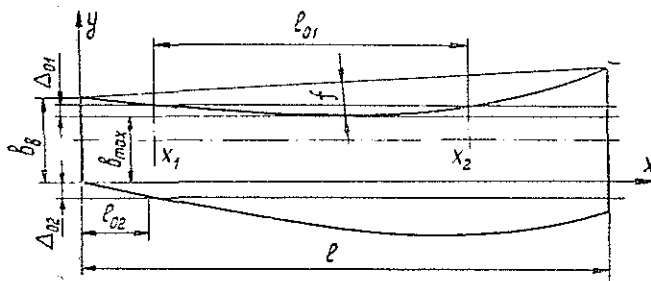


Рис. 1.

На рис. 1 изображена в системе координат наружная часть кривой необрезной доски. Вогнутое ребро кривой доски аппроксимируется уравнением [3]

$$y = \frac{4f}{l^2} x^2 + x \left( \frac{K}{2} - \frac{4f}{l} \right) + b_B;$$

выпуклое ребро — уравнением

$$y = \frac{4f}{l^2} x^2 - x \left( \frac{K}{2} + \frac{4f}{l} \right),$$

где  $f$  — стрела прогиба доски;  
 $l$  — длина необрезной доски;  
 $K$  — коэффициент сбега;  
 $b_B$  — ширина доски в вершинном торце.

При анализе процесса обрезки пропилы будем представлять с помощью серии прямых вида  $y = a$ .

Значение  $b_{max}$  (рис. 1) определяет крайнее положение режущего инструмента, при котором мы будем получать чистообрезные доски. Это произойдет тогда, когда один пропила проходит по касательной к вогнутому ребру, а второй — через точку пересечения выпуклого ребра с вершинным торцом доски.

$$b_{max} = \frac{4f}{l^2} \left( \frac{l}{2} - \frac{Kl^2}{16f} \right)^2 + \left( \frac{l}{2} - \frac{Kl^2}{16f} \right) \left( \frac{K}{2} - \frac{4f}{l} \right) + b_B.$$

При смещении режущего инструмента вправо или влево от оптимального положения получаем обзол разных величин и формы. Величина смещения режущего инструмента равна ширине обзола по пласти доски.

При смещении режущего инструмента от оптимального положения в сторону вогнутого ребра длину обзола  $l_{01}$  в зависимости от величины смещения  $\Delta_{01}$  (рис. 1) определим, исходя из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} y = \frac{4f}{l^2} x^2 + x \left( \frac{K}{2} - \frac{4f}{l} \right) + b_B; \\ y = a \quad a = b_{max} + \Delta_{01}; \end{cases}$$

$$l_{01} = x_2 - x_1 = \frac{l^2}{4f} \sqrt{\left( \frac{K}{2} - \frac{4f}{l} \right)^2 - \frac{16f}{l^2} (b_B - b_{max} - \Delta_{01})}. \quad (1)$$

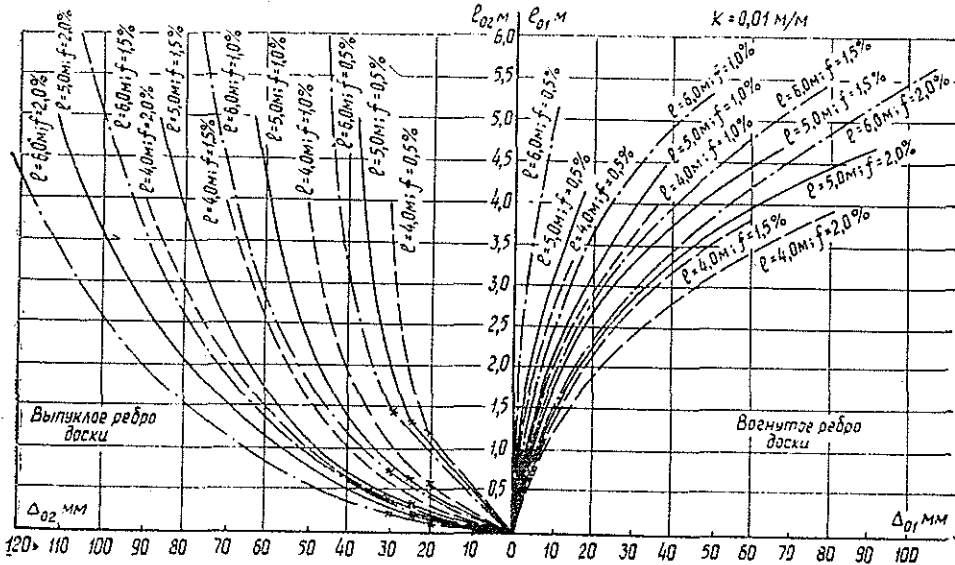


Рис. 2.

При смещении режущего инструмента от оптимального положения в сторону выпуклого ребра доски длину обзола  $l_{02}$  найдем, исходя из выражения

$$\begin{cases} y = \frac{4f}{l^2} x^2 - x \left( \frac{K}{2} + \frac{4f}{l} \right); \\ y = a \quad a = \Delta_{02}. \end{cases}$$

При выходе обзола только на верхний торец доски длина обзола

$$l_{02} = \frac{l^2}{8f} \left[ \left( \frac{4f}{l} + \frac{K}{2} \right) - \sqrt{\left( \frac{K}{2} + \frac{4f}{l} \right)^2 - \frac{16f}{l^2} \Delta_{02}} \right]; \quad (2)$$

при выходе обзола на оба торца доски

$$l'_{02} = l_{02} + l - \frac{l^2}{8f} \left[ \left( \frac{4f}{l} + \frac{K}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{K}{2} + \frac{4f}{l} \right)^2 - \frac{16f}{l^2} \Delta_{02}} \right]. \quad (3)$$

Используя полученные зависимости (1)–(3), мы построили номограмму определения параметров обзола в зависимости от положения режущего инструмента при обрезке (рис. 2). Рассмотренные закономерности можно распространить на случай распиловки кривого бруса при его положении кривизной вбок.

Полученная номограмма позволяет определить кривизну, при которой возможно получение обзола на досках, выпиливаемых из пласти бруса; учитывать влияние кривизны при составлении плана раскроя; определить параметры обзола при ширине обрезки, превышающей  $b_{max}$ .

Если при обрезке кривой доски необходимо получить обрезную доску, ширина которой превышает  $b_{max}$ , или при раскрое бруса необходимо увеличить толщину центральных досок, то требуемое уширение более рационально получать за счет смещения доски или бруса в сторону выпуклого ребра.

Результаты могут быть использованы при разработке автоматических или автоматизированных устройств для рациональной установки необрезной доски относительно режущего инструмента обрезного станка.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Зеленина И. Т. Исследование отпада от сосновых и еловых экспортных пиломатериалов с целью использования на производстве заготовок для клееных несущих конструкций в условиях Архангельского промышленного узла. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1974. [2]. Копейкин А. М. Механизация и автоматизация обрезки пиломатериалов. М., ВНИПИЭИЛеспром, 1975. [3]. Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М., «Лесная промышленность», 1976.

УДК 674.053 : 621.933.6

### КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В РАМНЫХ ПИЛАХ

И. П. ОСТРОУМОВ, Е. А. БОГДАНОВ

Архангельский лесотехнический институт, ЦНИИМОД

Изложена методика расчета местных напряжений при растяжении и изгибе полотна рамной пилы с использованием метода неплоских сечений. Получены удобные для практического пользования формулы для расчета коэффициентов концентрации напряжений.

Выбор оптимальных параметров зубьев рамных пил обуславливается не только технологическими требованиями, но и прочностными показателями, характеризующими эксплуатационную надежность. Поэтому оценка пил на прочность имеет важное практическое значение.

Для расчета местных напряжений используем метод неплоских сечений, позволяющий получить конечные решения в виде простых аналитических функций при обеспечении достаточной степени точности. На рис. 1 приведена расчетная схема для определения напряжений в полотне пилы, как в пластине с односторонним вырезом.



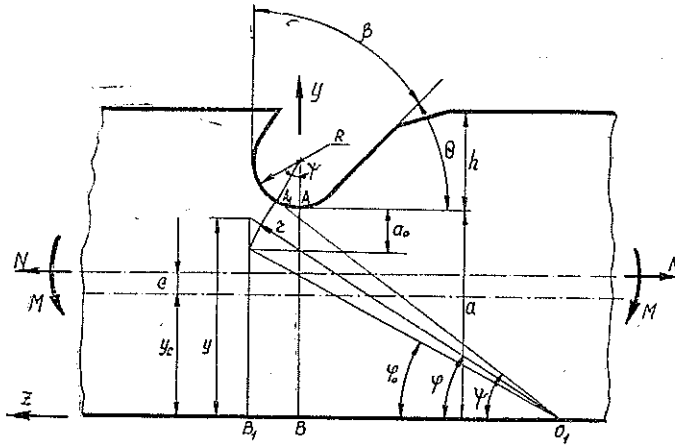


Рис. 1.

Ось симметрии впадины не перпендикулярна продольной оси полотна пилы. Угол раствора выреза  $\beta = 90^\circ - \theta$  ( $\theta$  — угол наклона тыльной грани зуба).

Для расчета прочности пил наибольший интерес представляют напряжения в основании впадины зуба, где зарождаются трещины, приводящие к разрыву полотна. Метод неплоских сечений позволяет получить наиболее точные результаты именно в этой зоне выреза. Контурные и нормальные напряжения в сечениях при изгибе и растяжении пластины с одиночным вырезом рассчитываем по формуле

$$\sigma_{ед} = A(\varphi) \xi \left[ \frac{N_z I_{усл} - M_x S_{усл}}{I_{усл} F_{усл} - S_{усл}^2} + \frac{M_x F_{усл} - N_z S_{усл}}{I_{усл} F_{усл} - S_{усл}^2} y \right] \cos \varphi, \quad (1)$$

где  $\xi$  — характеристика неплоского сечения (на контуре пластины  $\xi = 1$ );

$N_z, M_x$  — внутренние усилия в неплоском сечении;

$F_{усл}$  — условная площадь неплоского сечения;

$S_{усл}$  — условный статический момент площади неплоского сечения относительно оси  $x$ ;

$I_{усл}$  — условный момент инерции неплоского сечения относительно оси  $x$ ;

$A(\varphi)$  — функция угла, характеризующая вид и степень анизотропии материала. (Для стали 9ХФ  $A(\varphi) = 1$ ).

В формуле (1) величину  $y$  определяем из выражения  $y = r \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \varphi$ . В сечении  $AB$  значение  $y$  принимаем равным  $a$ . Протяженность зоны местных деформаций  $a_0$  для мелкого выреза (при  $a_0 < a$ ) вычисляем по следующим равенствам: при растяжении

$$a_0 = (\cos^2 \beta/2 + \cos \beta/2) \sqrt{\frac{hp^2}{R}};$$

при изгибе

$$a_0 = 2 \cos^2 \beta/2 \sqrt{\frac{hp^2}{R}},$$

здесь  $p$  — параметр, определяющий градиент напряжений вблизи концентратора (0,65);

$\varphi_0 = \psi - \frac{a_0}{r}$  — угол, характеризующий распространение зоны местных деформаций.

Неравномерность распределения местных напряжений при резких изменениях размеров поперечного сечения характеризуется коэффициентом их концентрации

$$K_\sigma = \frac{\sigma_{ki}}{\sigma_i} K_p, \quad (2)$$

где  $K_p$  — коэффициент разгрузки, учитывающий влияние смежных впадин-вырезов (принимается по графику [1]);

$\sigma_{hi}$  — напряжения, вычисляемые по формуле (1), при наличии концентратора напряжений;

$\sigma_i$  — напряжения на контуре впадины, вычисляемые без концентратора напряжений.

Приняв  $N_z = 0$ ,  $M_z = M$  и подставив в формулу (2) значения составляющих, получаем формулу для расчета коэффициента концентрации напряжений в основании впадины для случая чистого изгиба

$$K_{\text{сн}} = \frac{ba^2 (F_{\text{усл}} y - S_{\text{усл}}) K_p}{6 (I_{\text{усл}} F_{\text{усл}} - S_{\text{усл}}^2)} \cos \psi, \quad (3)$$

здесь  $b$  — толщина полотна, мм.

Чистое растяжение рамной пилы происходит под действием силы  $N$ , линия действия которой проходит через условный центр тяжести сечения  $AB$  (рис. 1). Так как полотно рамной пилы несимметрично относительно продольной оси, положение условного центра тяжести в опасном сечении не совпадает с положением геометрического центра. Принимая при растяжении  $M = 0$  и учитывая, что за точку приведения взята точка  $B$ , величину момента относительно оси  $x$  определяем по выражению

$$M_x = N y_c,$$

где  $y_c = \frac{S_{\text{усл}}}{F_{\text{усл}}}$  — координата положения условного центра тяжести сечения.

Подставив в формулу (2) выражения для составляющих и выполнив необходимые преобразования, получаем

$$K_{\text{ср}} = \frac{ba K_p}{F_{\text{усл}}} \cos \psi. \quad (4)$$

Подставив в формулы (3) и (4)  $y = a$  и  $\psi = 0$ , получаем следующие выражения расчета коэффициентов концентрации напряжений для наиболее напряженной точки контура впадины:

при растяжении

$$K_{\text{ср}} = \frac{ba K_p}{F_{\text{усл}}}; \quad (5)$$

при изгибе

$$K_{\text{сн}} = \frac{ba^2 (F_{\text{усл}} a - S_{\text{усл}})}{6 (I_{\text{усл}} F_{\text{усл}} - S_{\text{усл}}^2)} K_p. \quad (6)$$

Условные геометрические характеристики ненормального сечения  $F_{\text{усл}}$ ,  $I_{\text{усл}}$ ,  $S_{\text{усл}}$  определяем по выражениям [1]

$$F_{\text{усл}} = 2apbL_1; \quad I_{\text{усл}} = 2apbL_2;$$

$$S_{\text{усл}} = \frac{ba^2 (a - a_0)^2}{d} - apb \ln \frac{2ap}{c^2 - (a - a_0)^2},$$

здесь

$$L_1 = \frac{1}{2c} \ln \frac{(c+a)(c-a+a_0)}{(c-a)(c+a-a_0)} + \frac{a-a_0}{d};$$

$$L_2 = \frac{c}{2} \ln \frac{(c+a)(c-a+a_0)}{(c-a)(c+a-a_0)} - a_0 + \frac{(a-a_0)^3}{3d};$$

$$c = \sqrt{2ap + a^2};$$

$$d = 2ap + 2a a_0 - a_0^2.$$

При растяжении полотна пилы с некоторым эксцентриситетом  $e$  напряжения на контуре впадины складываются из напряжений растяжения под действием силы  $N$

и напряжений изгиба от действия момента  $M$ , создаваемого силой  $N$  относительно условного центра тяжести,

$$M = Ne.$$

При этом коэффициент концентрации напряжений определяем по выражению

$$K_{\sigma e} = \frac{K_{\sigma p} \sigma_{\text{ном}}^p + K_{\sigma \text{из}} \sigma_{\text{ном}}^{\text{из}}}{\sigma_{\text{ном}}^p + \sigma_{\text{ном}}^{\text{из}}} \quad (7)$$

Для проверки соответствия допущений, принятых в расчетах, были проведены экспериментальные исследования концентрации напряжений полотна пилы, выполненные электротензометрическим методом [2]. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Высота зубьев $h$ , мм	Относительный эксцентриситет линии натяжения $e$	Коэффициент концентрации напряжений $K_{\sigma e}$	
		Эксперимент	Расчетные по формуле (7)
21	0,05	1,96	2,02
21	0,1	1,88	1,95
21	0,15	1,87	1,91
21	0,2	1,78	1,88
21	0,25	—	1,85
18,5	0,05	—	2,075
18,5	0,1	1,9	2,015
18,5	0,15	1,87	1,97
18,5	0,2	1,85	1,95
18,5	0,25	1,81	1,926
16	0,05	2,04	2,122
16	0,1	2,03	2,067
16	0,15	2,03	2,031
16	0,2	2,0	2,00
16	0,25	1,96	1,99

В табл. 2 представлены данные расчета по формулам (5) и (6) коэффициентов концентрации напряжений в полотнах пил с шагом зубьев 26 мм.

Таблица 2

Ширина полотна $a$ , мм	Высота зубьев $h$ , мм	Радиус закругления впадины $R$ , мм	Коэффициент разгрузки $K_p$	Коэффициент концентрации напряжений	
				при растяже- нии $K_{\sigma p}$	при изгибе $K_{\sigma \text{из}}$
80	18,5	5,5	0,522	1,89	1,47
120	18,5	5,5	0,522	2,00	1,63
160	18,5	5,5	0,522	2,05	1,74
140	18,5	3,5	0,522	2,38	2,00
140	18,5	4,5	0,522	2,17	1,82
140	18,5	5,5	0,522	2,03	1,69
140	18,5	6,5	0,522	1,92	1,60
140	16,5	5,5	0,558	2,07	1,75
140	18,5	5,5	0,522	2,03	1,69
140	20,5	5,5	0,491	1,98	1,63
140	22,5	5,5	0,456	1,91	1,55

### Выводы

1. Различие между расчетными и экспериментальными значениями коэффициентов концентрации не превышает 6%.

2. Значение местных напряжений зависит от ширины полотна пилы, радиуса закругления впадины, высоты зуба и угла раствора впадины. Уменьшение ширины по-

лотна пилы, увеличение радиуса закругления и угла раствора впадины способствуют уменьшению местных напряжений на режущей кромке пилы. Степень влияния высоты зуба определяется взаимным влиянием двух факторов: глубины выреза и угла раствора впадины.

3. По мере увеличения эксцентриситета приложения силы натяжения коэффициент концентрации напряжений уменьшается.

4. Соотношение коэффициентов концентрации при растяжении и изгибе рамной пилы — величина переменная, зависящая, в основном, от ширины полотна пилы и высоты зубьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Верховский А. В., Аранович В. М., Глявин Ю. В. и др. Метод неплоских сечений. Горький, Волго-Вятское кн. изд-во, 1971. 247 с. [2]. Михайлов А. П. К вопросу определения коэффициентов концентрации напряжений во впадинах зубьев рамных пил. — Тезисы докладов участников 1-й научно-технической конференции аспирантов и молодых специалистов лесной и деревообрабатывающей промышленности. Архангельск, ЦНИИМОД, 1973, с. 69—70.

УДК 674.038.18

### К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСИНЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Ю. Н. БОБЫЛЕВА, С. Л. ДАВЫДОВ, Г. Г. ЗАРЕЦКИЙ-ФЕОКТИСТОВ

ЛенЗНИИЭП

На основе представления древесины в виде матрицы, армированной упругими волокнами, приведены теоретические и экспериментальные данные применения ультразвуковых колебаний для определения упругих модулей древесины.

Неразрушающие методы исследований нашли широкое распространение при определении прочностных и упругих параметров древесины в производственных и лабораторных условиях. Среди них наиболее эффективны те, которые основаны на измерении скорости распространения упругих колебаний в материале. Однако внедрение таких методов затруднено самим характером распространения упругих колебаний.

Древесина — природный композитный анизотропный материал, состоящий из системы ориентированных в одном направлении волокон в однородной матрице. Такой материал при изучении распространения упругих колебаний трудно заменить эквивалентной однородной средой с некоторыми эффективными упругими параметрами.

Достаточно хорошим приближением к реальной структуре древесины является представление ее как системы параллельных упругих бесконечных цилиндров (волокон), находящихся в однородной упругой матрице. Подобная модель дает возможность выяснить основные явления, сопровождающие распространение упругих колебаний в реальной древесине.

В работе С. Л. Давыдова и др.\* рассмотрены вопросы распространения упругих колебаний типа сжатие — растяжение вдоль направления армирования для элементарных ячеек цилиндров с осью симметрии порядка  $2l$ , где  $l = 1, 2, 3 \dots$ . Показано, что в случае низких частот (порядка нескольких десятков кГц и ниже) размеры элементарной ячейки (коэффициент армирования — плотность расположения волокон) практически не влияют на величину скорости распространения упругих колебаний.

В низкочастотном приближении волновое число распространяющейся синусоидальной волны определяется выражением

$$\varepsilon^2 = k_{L1}^2 \frac{b_2 b_7 (u^2 - 1) t + \eta^2 b_1 b_4 + \eta [2b_1 b_4 (u^2 - 1) + 0,5b_2 b_7 t]}{b_2 b_7 t + \eta^2 b_2 (b_1 + 2b_3) + \eta (b_1 b_4 - 2b_4 b_6 + 3b_5 + 8b_7 t^3 + 0,5b_2 b_7 t)}$$

где  $k_{L1}$  — волновой вектор продольной волны в материале волокна;

$$\eta = \frac{\mu_2}{\mu_1};$$

$\mu_1, \mu_2$  — модули сдвига для волокна и матрицы;

\* Давыдов С. Л., Зарецкий-Феоктистов Г. Г., Судаков В. В. — «Механика полимеров», 1973, № 6.

$$t = \frac{a}{d};$$

$a$  — радиус волокна;

$d$  — расстояние между волокнами;

$$b_1 = 1 + l \left( \frac{1}{t} + \frac{3}{2} t \right); \quad b_2 = l(1 + 6t^2);$$

$$b_3 = 1 + l \left( \frac{1}{t} + t \right); \quad b_4 = l(1 - 3t^2);$$

$$b_5 = 1 + l \cdot 2t; \quad b_6 = 1 + 2t;$$

$$b_7 = \frac{l}{2} \left( \frac{3}{2} + \frac{1}{t^2} \right).$$

С учетом взаимодействия соседних волокон данную формулу можно использовать для расчета эффективных упругих параметров древесины в направлении волокон.

При распространении упругой волны поперек волокон волновой вектор по своей структуре аналогичен вектору для продольной волны, однако распространение волны сопровождается затуханием, связанным с трансформацией ее при рассеянии на волокнах.

На основе анализа распространения упругих колебаний в материалах с волокнистой структурой можно сделать следующие выводы.

1. Для волокнистых материалов внутренняя структура должна учитываться при проведении ультразвуковых измерений уже на частотах порядка 30 кГц.

2. Распространение ультразвуковых колебаний вдоль волокон имеет выраженный волноводный характер, причем без вызываемого рассеянием затухания.

3. При распространении волны поперек волокон волноводный характер проявляется в «растекании» колебаний вдоль волокон, что наблюдается практически во всем диапазоне используемых частот.

Эти теоретические положения были проверены при ультразвуковых испытаниях деревянных образцов, имеющих различную степень поражения гнилью, методом сквозного прозвучивания по двухщуповой схеме на стандартном приборе УКВ-1 на частотах 60 и 150 кГц. Одновременно фиксировали скорость распространения упругих колебаний и ослабление ультразвукового сигнала вдоль и поперек волокон. За нуль отсчета ослабления колебаний принимали ослабление при распространении вдоль волокон в здоровой сухой древесине на базе 30 см. Средние значения скорости и ослабления приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Частоты	
	$f = 60$ кГц	$f = 150$ кГц
Скорость ультразвукового сигнала, см/с		
вдоль волокон	$4,85 \cdot 10^5$	$5,51 \cdot 10^5$
поперек волокон	$1,95 \cdot 10^5$	$1,92 \cdot 10^5$
Ослабление ультразвуковых колебаний, дБ		
вдоль волокон	0	0
поперек волокон	24	24

Результаты измерений подтвердили теоретические предположения о сугубо волновом характере распространения упругих колебаний в древесине. При распространении их вдоль волокон отмечается существенная дисперсия скорости. Различие в скорости распространения на частотах 60 и 150 кГц составляло в среднем 15% при незначительном ослаблении ультразвука. В то же время при прозвучивании поперек волокон скорость практически постоянна, однако существенно ослаблен сигнал.

В образцах, пораженных гнилью, скорость распространения ультразвука и затухания зависит как от степени поражения древесины, так и площади сечения пораженного участка.

При слабой и средней степени поражения древесины скорость распространения ультразвука вдоль волокон уменьшалась на 30% с ослаблением сигнала на 6—12 дБ (табл. 2), а при сильной — на 50% с увеличением его (табл. 3).

В пораженной древесине при распространении колебаний вдоль волокон резко уменьшается дисперсия скорости. Уже при сравнительно малой степени поражения

Таблица 2

Показатели	Частоты	
	$f = 60$ кГц	$f = 150$ кГц
Скорость ультразвукового сигнала, см/с вдоль волокон поперек волокон	$4,18 \cdot 10^5$ $0,75 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^5$ $0,70 \cdot 10^5$
	10 40	10 60

Таблица 3

Показатели	Частоты	
	$f = 60$ кГц	$f = 150$ кГц
Скорость ультразвукового сигнала, см/с вдоль волокон поперек волокон	$3,7 \cdot 10^5$ $0,75 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$ $0,75 \cdot 10^5$
	16 40	16 57

уменьшается степень акустического взаимодействия волокон и скорости распространения на частотах 60 и 150 кГц практически не отличаются (различие порядка 5%).

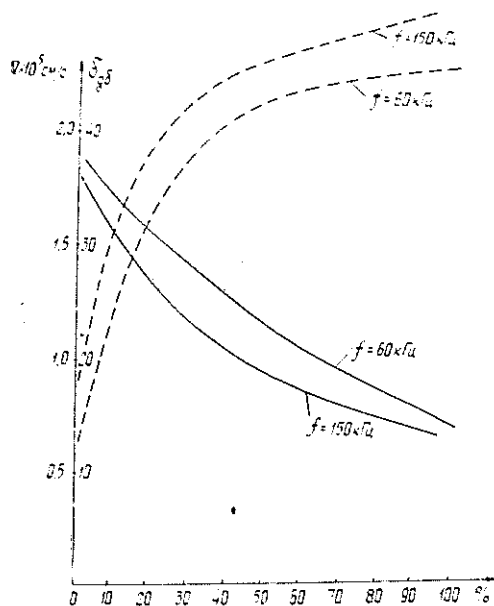


Рис. 1. Зависимость скорости распространения (сплошные линии) и ослабления (штриховые линии) ультразвука поперек волокон от сечения пораженного гнилью участка (степень поражения средняя).

Распространение колебаний поперек волокон в пораженной древесине сопровождается уменьшением скорости и увеличением ослабления, однако по сравнению с распространением вдоль волокон ослабление их акустической связи в древесине вызывает более существенные изменения скорости и ослабления. Это обстоятельство делает поперечное прозвучивание более удобным для определения степени и объема поражения древесины.

При наличии в древесине гнили до 20% от диаметра образца скорость ультразвука уменьшается на 30—35%, а ослабление увеличивается на 25—30 дБ (рис. 1).

Таким образом, результаты ультразвуковых испытаний деревянных образцов, пораженных гнилью, качественно соответствуют теоретической модели. Изменение взаимодействия волокон существенно сказывается на характере распространения упругих колебаний поперек них.

Это дает возможность прогнозировать прочностные свойства и контролировать состояние древесины в различных сооружениях ультразвуковым методом.

Предлагаемая методика была использована при неразрушающем контроле качества бревен в постройках вековой давности.

УДК 674.621.9-412

## ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАСКРОЕ СУХИХ ДОСОК НА ЧИСТОВЫЕ БРУСКОВЫЕ МЕБЕЛЬНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Е. С. БИЛОВ, М. Н. ФЕЛЛЕР

УкрНИИМОД

Обоснована необходимость оптимизации раскроя сухих досок на заготовки, рассмотрена математическая модель выбора оптимального способа раскроя, дана функциональная схема раскроя досок на заготовки с использованием существующего и специального оборудования.

Технологический процесс производства чистовых брусковых мебельных заготовок\* включает в себя следующие работы:

- вырезку значительных дефектных мест и поперечное перерезание досок, имеющих значительную продольную кривизну;
- сушку досок до влажности 6—10%, при которой штабель должен быть предварительно сжат, что уменьшает коробление;
- кондиционирование досок для снятия внутренних напряжений;
- обследование (определение раскройных параметров) партии досок, величина которой соизмерима со сменной программой;
- индивидуальный раскрой по оптимальным схемам.

Процесс построения оптимальных схем раскроя досок на заготовки можно рассматривать как состоящий из построения возможных схем раскроя и выбора из них оптимального. Мы остановимся на выборе оптимального способа раскроя.

Пусть обследована партия досок, для которых определены их размеры, форма и расположение пороков. Дана спецификация требуемых деталей, то есть заданы размеры каждой детали и необходимое количество каждой детали на один комплект  $\beta_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ;  $m$  — количество различных деталей). Для каждой доски построено  $n_k$  возможных способов раскроя ( $k = 1, \dots, l$ ), всего имеется  $N = \sum_{k=1}^l n_k$  спо-

собов. Требуется выбрать такие способы, чтобы получить максимум комплектов деталей (при этом необходимо обеспечить раскрой всех досок).

Обозначим через  $z_{kj}$  переменные, имеющие следующий смысл:

$$z_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-тая доска раскраивается по } j\text{-тому способу;} \\ 0 & \text{— в противном случае} \end{cases}$$

$$(j = 1, \dots, n_k; k = 1, \dots, l),$$

а через  $z$  — количество комплектов требующихся деталей

$$z = k_0 + k_1 = k_0 + \sum_{q=1}^p 2^{q-1} v_q,$$

\* Чистовая брусковая мебельная заготовка имеет форму прямоугольного параллелепипеда, грани которого обработаны с точностью, соответствующей второму ряду свободных размеров (ГОСТ 6449—53), и шероховатостью не ниже 7—8 классов (ГОСТ 7016—68), влажность ее 6—10%.

где  $v_q$  принимает значение 0 или 1 — цифра из записи числа  $k_1$  в двоичной системе счисления, стоящая на  $(p-q)$ -том месте,

$$k_1 = v_p v_{p-1} \dots v_1;$$

$k_0 + \overline{k_1}$  — обозначает число заведомо большее, чем максимальное количество комплектов,

$$p = [\log_2(\overline{k_1} + 1)] + 1$$

(всегда можно взять  $\overline{k_1}$  достаточно большим);  $k_0$  вводится лишь для удобства численной реализации модели (для уменьшения количества переменных  $v_q$ ), оно равно числу, меньшему, чем число комплектов, намечаемых быть полученными (всегда можно взять  $k_0 = 0$ ).

Задача выбора оптимального способа раскроя на заготовки формулируется как задача целочисленного линейного программирования с булевыми переменными: максимизировать линейную форму

$$\Delta = z = \sum_{q=1}^p 2^q v_q$$

при ограничениях

$$-\varepsilon_i < \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^{n_k} a_{ikj} z_{kj} - \beta_i \sum_{q=1}^p 2^q v_q - \beta_i k_0 < \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, m),$$

$$\sum_{j=1}^{n_k} z_{kj} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, l),$$

$$z_{kj} = 0v_1, \quad v_q = 0v_1 \quad (j = 1, 2, \dots, n_k; \quad k = 1, 2, \dots, l; \quad q = 1, 2, \dots, p)$$

$$\varepsilon_i \geq 0, \text{ целое}$$

где  $\varepsilon_i$  — допустимое отклонение от количества  $i$ -тых заготовок во всех комплектах (если отклонение от количества  $i$ -тых заготовок недопустимо, то полагаем  $\varepsilon_i = 0$ ).

Методы реализации подобных задач приведены, например, в [4]. Приведенная задача имеет размеры

$$\left( \sum_{k=1}^l n_k + p \right) (m + l),$$

следовательно, размеры конкретных практических задач, как правило, большие. Значительное уменьшение размеров задачи (до  $l + p$ ), а значит и уменьшение време-

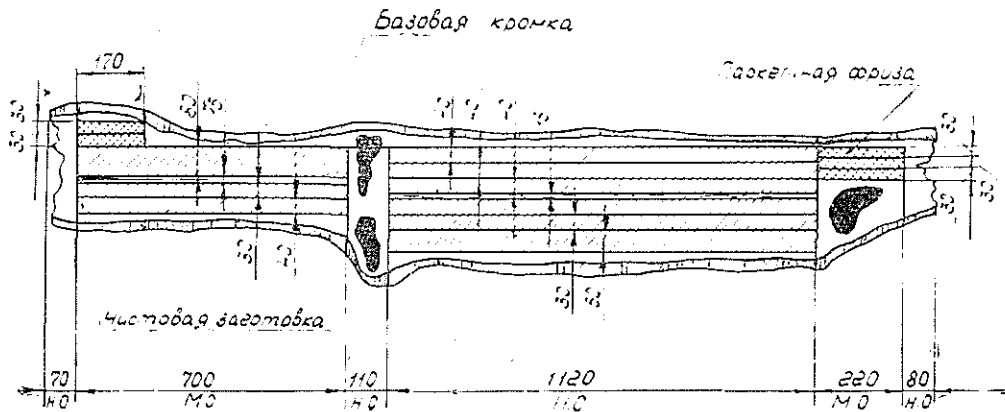


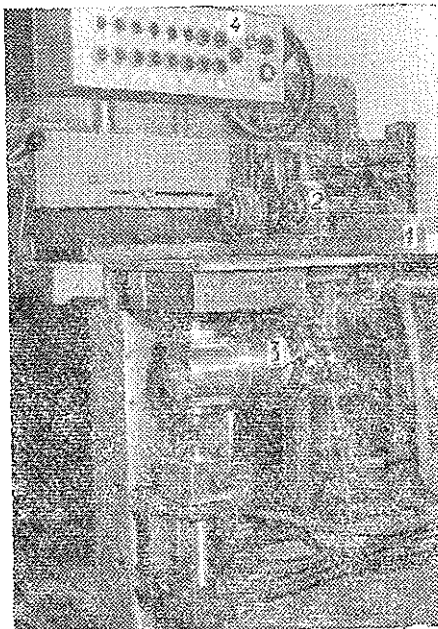
Рис. 1. Схема раскроя доски на чистовые заготовки и паркетную фризку.

н. о. — немерный отрезок; м. о. — мерный.



Рис. 2. Быстроустанавливаемая гидрофицированная направляющая линейка к прирезному станку с гусеничной подачей конструкции УкрНИИМОДа.

1 — корпус линейки; 2 — подающе-базирующие ролики; 3 — револьверная головка со сменными упорами; 4 — пульт управления.



ни машинного счета, может быть осуществлено, если ограничиться 2l возможными схемами ( $n_k = 2$ ). Это часто оказывается возможным, если разбить требуемые заготовки на технологически рациональные пары.

Функциональная схема индивидуального раскроя сухих, кондиционированных досок выглядит следующим образом:

предварительное обследование и подбор по размерам партии досок, равной сменной программе или известной части сменной программы (с учетом комплектности заготовок);

оценка раскройных параметров досок и определение положения продольного пропила, создающего базовую кромку;

пропиливание базовой кромки на подлежащих раскрою досках (она может находиться у края (рис. 1) или посередине; при этом доска распиливается на 2—3 части);

оценка раскройных параметров досок с пиленой базовой кромкой и выработка команд однопильному торцовочному станку для поперечного раскроя;

поперечный раскрой досок на однопильном торцовочном агрегате [2], с базированием на пропиленную ранее кромку, с оторцовкой доски и вырезкой немерных отрезков длиной от 10 до 320 мм с дискретностью 10 мм и мерных отрезков длиной от 300 до 2000 мм с дискретностью 1 мм;

фрезерование (строжка) двух пластей и базовой кромки мерных отрезков на двустороннем фуговальном и рейсмусовом станках на заданную толщину заготовки;

оценка раскройных параметров мерных отрезков досок и выработка команды станку для продольного раскроя;

продольный раскрой досок на однопильном прирезном станке с быстроустанавливаемой на размер ширины вырезаемой заготовки направляющей линейкой [1] (рис. 2) или специальным многопильным прирезным станком с быстрозменяемым оптимальным поставом пил [3];

подсчет чистовых заготовок и корректировка программы производства в соответствии с выполненной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Биллов Е. С., Манжос Ф. М., Семенюк А. В., Товстолес М. Д. Направляющая линейка деревообрабатывающего станка. Авт. свид. № 362688. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 3. [2]. Биллов Е. С., Товстолес М. Д. Торцовочный станок. Авт. свид. № 363585. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 4. [3]. Биллов Е. С. Многопильный станок для продольного раскроя пиломатериалов. Авт. свид. № 363583. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1973, № 4. [4]. Корбут А. А., Финкельштейн Ю. Ю. Дискретное программирование. М., «Наука», 1969.

УДК 634.0.864.1

## ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

А. И. ЕГОРОВ, В. Б. КУНТЫШ, А. Э. ПИИР

Архангельский лесотехнический институт

Предложена промышленная схема подготовки гидролизного лигнина для использования его в качестве топлива при совместном сжигании с древесными отходами на колосниковой решетке в топках паровых котлов ТЭЦ гидролизных заводов.

В настоящее время разработан целый ряд методов по переработке и использованию гидролизного лигнина, например, для производства активированного угля [2], топливных брикетов [5, 8], извлечения из лигнина ценных химических веществ посредством его пиролиза [9] и т. д. Но промышленные схемы и установки в большинстве случаев малопроизводительны и требуют транспортировки влажного лигнина к местам переработки. Это одна из причин неудовлетворительного использования лигнина (не более 1%) [9] в народном хозяйстве как ценного вторичного сырья. Так, Сыктывкарский лесопромышленный комплекс (СЛПК) вынужден ежегодно вывозить в отвал гидролизного лигнина более 150 тыс. т (при влажности 65%).

С целью изучения возможности использования лигнина в цикле основного предприятия СЛПК нами были определены его физико-химические характеристики. Установлено, что влажность лигнина после сжег  $W^p = 65,7 \div 69,2$  (на рабочую массу); зольность  $A^p = 0,53 \div 0,26\%$ ; щелочных окислов в золе лигнина  $18 \div 30\%$ ; теплотворная способность при 65%-ной влажности  $Q_H^p = 1650$  ккал/кг, при 40%-ной влажности  $Q_H^p = 3250$  ккал/кг. Элементарный состав лигнина на органическую массу: углерода — 60,2%, водорода — 7,8%, кислорода — 32%.

Средний фракционный состав на основе ситового анализа: частицы диаметром  $d \geq 3$  мм — 24,3%;  $d = 3 \div 1$  мм — 41,9%;  $d = 1 \div 0,5$  мм — 15,1%;  $d \leq 0,5$  мм — 18,7%.

Из приведенного анализа физико-химических характеристик следует, что лигнин при определенных условиях — хорошее энергетическое топливо. Его можно использовать при совместном сжигании с древесными отходами в топках паровых утилизационных котлов, например КМ-75-40 на ТЭЦ СЛПК. Ввиду низкой зольности лигнина ввод его в энергетическую схему ТЭЦ не требует реконструкции газоочистных устройств. Небольшая кислотность позволяет при реконструкции и создании новых узлов применять углеродистые стали. Для превращения лигнина в энергетическое топливо необходима его предварительная подсушка до влажности  $50 \div 40\%$ . Это позволяет сжигать лигнин совместно с древесными отходами на колосниковой решетке при мазутной подсетке. В этом случае, как показали расчеты, обеспечивается устойчивый процесс горения в топках утилизационных котлов.

Разработана промышленная схема подготовки лигнина к энергетическому сжиганию (рис. 1), принцип работы которой очевиден. Схема обеспечивает неограниченную производительность, полную утилизацию лигнина, непрерывность технологического процесса, механизацию и автоматизацию всех звеньев схемы и, как следствие, экономно основного топлива ТЭЦ. Важнейший элемент схемы — сушилка, изготавливаемая по специальному проекту.

Нами выполнены проектно-расчетные проработки различных способов подсушки и типов сушилок для лигнина и проведено технико-экономическое сопоставление вариантов с целью выбора оптимального. Из многообразия типов сушилок, используемых промышленностью, наиболее полно отвечают условиям подготовки лигнина к сжиганию трубы-сушилки и сушилки с кипящим слоем. Вариантные схемы подсушки лигнина в трубах-сушилках приведены на рис. 2, а в сушилках с кипящим слоем — на рис. 3.

Сушилки рассчитаны на следующие исходные данные: количество лигнина, поступающего на сушку с начальной стадией влажности  $W_1^p = 65\%$ , — 403 т/сут; конечная влажность лигнина  $W_2^p = 40\%$ ; начальная температура лигнина  $\theta_0 = 10^\circ\text{C}$ ; критическое влагосодержание лигнина по [4] — 1,2 кг/кг. Расчетно-проектные работы

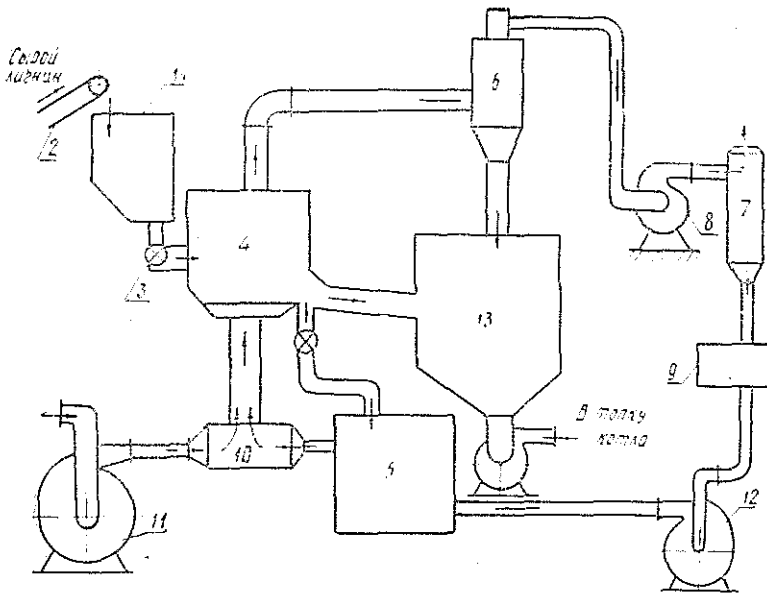


Рис. 1. Рекомендуемая схема подсушки лигнина.

1 — бункер сырого лигнина; 2 — транспортер лигнина от сжег; 3 — питатель; 4 — сушилка; 5 — топка Шершнева; 6 — циклон; 7 — мультициклон; 8 — дымосос; 9 — мокрый скруббер; 10 — смеситель; 11 — вентилятор холодного воздуха; 12 — дутьевой вентилятор; 13 — бункер сухого лигнина.

труб-сушилок осуществляли по методике [4], а коэффициент теплоотдачи от газов к частицам подсчитывали по критериальным зависимостям из работы [3].

В рассмотренных вариантах сушильным агентом являлись дымовые газы, полученные за счет сжигания части подсушенного лигнина в вихревой топке Шершнева, с действительной температурой горения  $t_d = 1100^\circ\text{C}$  и разбавленные до требуемого температурного уровня или холодным воздухом с  $t_{х.в.} = 30^\circ\text{C}$ , или рециркулирующими газами при температуре  $t_p$ , или дымовыми газами из газохода котла при  $t_{от} = 256^\circ\text{C}$ .

Таблица 1

Параметры	Обозначение	Размерность	Численные значения параметров по вариантам						
			1	2	3	4	5	6	7
Влажность лигнина перед второй ступенью	$W_{2, II}^p$	%	—	—	—	54,5	54,5	54,5	54,5
Температура сушильного агента на входе в сушилку	$t_0$	$^\circ\text{C}$	550	700	680	630	620	630	620
Температура сушильного агента на выходе из сушилки	$t_2$	"	120	120	100	120	120	120	120
Температура сушильного агента перед второй ступенью	$t_{II}$	"	—	—	—	620	600	500	500
Высота сушилки или первой ступени	$H = H_I$	м	30,4	28	39,1	13,1	15,3	13,1	15,3
Высота второй ступени сушилки	$H_{II}$	"	—	—	—	18	17	17	16
Диаметр сушилки	$D$	"	1,56	1,41	1,41	1,1	1,13	1,1	1,13

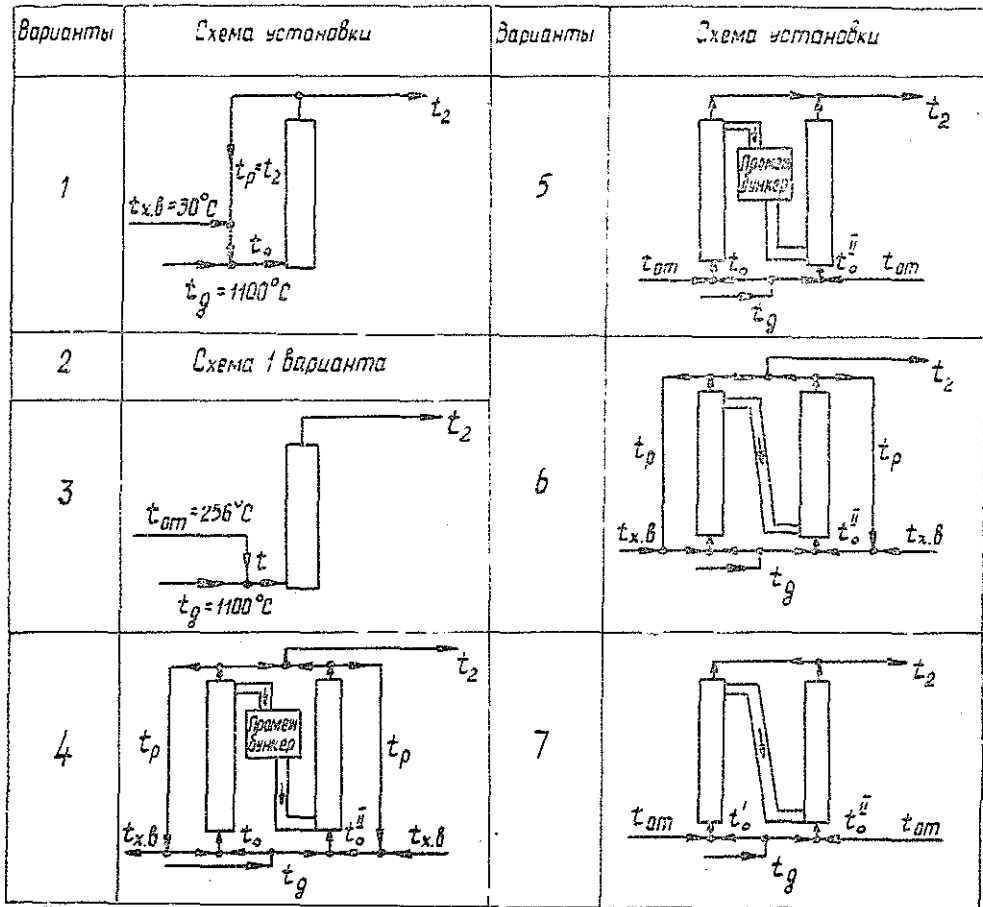


Рис. 2.

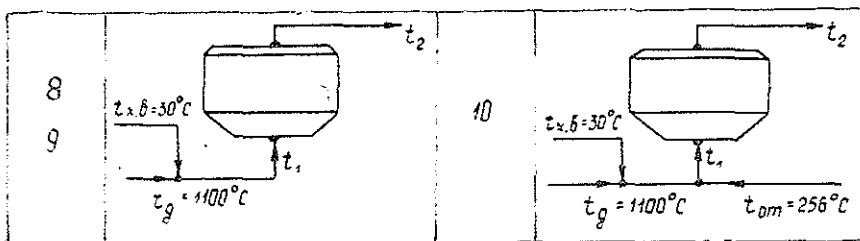


Рис. 3.

Основные расчетные данные труб-сушилок по вариантам сведены в табл. 1. Из анализа расчетов для вариантов 1, 2, 3 (рис. 2) следует, что для принятой глубины сушки труба-сушилка имеет значительную высоту. Существенное повышение начальной температуры сушильного агента во 2-м варианте по сравнению с 1-м значительно уменьшает высоту установки. Дальнейшее повышение температуры сушильного агента недопустимо по условиям пожароопасности из-за возможного воспламенения лигнина. Снижение температуры уходящих газов (3-й вариант) приводит к увеличению высоты сушилки до 40 м. С целью уменьшения габаритов труб-сушилок по условиям компоновки цеха сушки в вариантах 4—7 изучали процесс организации подсушки лигнина в две последовательные ступени.

Результаты (табл. 1) показали, что габариты сушилок получаются удовлетворительными. В вариантах 4 и 5 сушку лигнина предусматривают в двух ступенях с установкой между ними промежуточного бункера (ПБ), в вариантах 6, 7 — по схемам 4, 5, но без промежуточного бункера для подсушенного лигнина.

В схемах сушилок с кипящим слоем (тип сушильного агента прежний) варианты 8—10 показаны на рис. 3. Тепловой и конструктивные расчеты сушилок выполняли по методике [7]. Результаты вариантных проработок сушилок с кипящим слоем представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Обозначение	Размерность	Численные значения параметров по вариантам		
			8	9	10
Температура сушильного агента на входе в сушилку	$t_0$	°C	500	200	200
Температура сушильного агента на выходе из сушилки	$t_2$	"	120	70	80
Диаметр решетки	$D_p$	м	3,1	5,6	5,6
Диаметр сушилки в сечении верхнего слоя	$D_{сл}$	"	9,5	16	16

Экономически оптимальный вариант сушильной установки должен обеспечить минимум расчетных затрат  $Z$  на получение подсушенного лигнина

$$Z = (\alpha + \epsilon) K_c + I_T,$$

где  $K_c$  — стоимость сушилки;

$I_T$  — издержки на топливо;

$\alpha$  и  $\epsilon$  — соответственно норма амортизации и коэффициент эффективности капитальных затрат.

По [1] принято  $\alpha = 0,1$  и  $\epsilon = 0,2$ .

Стоимость сушилки считаем пропорциональной ее металлоемкости

$$K_c = 1,2CM,$$

здесь  $1,2$  — коэффициент удорожания с учетом монтажа;

$C = 210$  р./т — стоимость 1 т стали корпуса сушилки [6];

$M$  — металлоемкость.

При расчетах металлоемкости толщину стенки сушилки принимаем равной 0,009 м, плотность стали — 7700 кг/м<sup>3</sup>.

Издержки на топливо для топки Шершнева принимаем пропорциональными расходу лигнина

$$I_T = C_T G_T \tau,$$

где  $C_T \approx 1$  р./т — стоимость 1 т лигнина;

$\tau = 8000$  ч/год — годовое число часов работы установки;

$G_T$  — количество сжигаемого лигнина в топке Шершнева, т/ч.

Из расчета процесса горения в топке Шершнева получено, что при сжигании 1 кг лигнина влажностью 40% и теплотворной способности 3250 ккал/кг образуется 8,48 кг продуктов сгорания. Следовательно, расход топлива связан с расходом продуктов сгорания соотношением

$$G_T = G_{пр}/8,48 \text{ т/ч.}$$

Необходимое для подсушки лигнина количество продуктов сгорания  $G_{пр}$  зависит от расхода сушильного агента  $G_r$ , доли разбавляющего воздуха  $g_b$ , доли рециркулирующих газов  $g_p$ , доли отбора  $g_{от}$  уходящих газов из газохода утилизационного котлоагрегата.

Результаты расчетов по приведенным формулам сведены в табл. 3, из анализа данных которой можно заключить следующее.

1. Схемы с отбором газов из котлоагрегата наиболее эффективны для труб-сушилок (варианты 3, 5, 7) и для сушилок с кипящим слоем (вариант 10).

Таблица 3

Параметры	Размерность	Численные значения параметров по вариантам									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$G_r - I_{ст}$	кг/ч	35500	27900	28600	18400	18800	18400	19800	49500	160000	160000
$G_r - II_{ст}$	"	—	—	—	17000	17600	17000	17600	—	—	—
$g_b - I_{ст}$	—	0,79	0,46	—	0,59	—	0,59	—	1,48	6,2	0,73
$g_b - II_{ст}$	—	—	—	0,6	—	0,6	—	—	—	—	—
$g_p - I_{ст}$	—	0,34	0,14	—	0,24	—	0,24	—	—	—	—
$g_p - II_{ст}$	—	—	—	0,26	—	0,26	—	—	—	—	—
$g_{от}$	—	—	—	—	1,4/1,4	—	—	1,4/1,4	—	—	0,1
$G_{дп}$	кг/ч	16700	17000	14100	19999	15600	19000	15600	20000	22300	19200
$I_r$	р./год	15700	16000	13300	17900	14700	17900	14700	18900	21100	18100
$K_c$	р.	2610	2180	3030	1885	1940	1830	1940	2770	8950	5950
$\Sigma$	р./год	165600	167300	14310	18430	15300	18449	15281	19320	22735	19885

2. Труба-сушилка несколько эффективнее сушилки с кипящим слоем. Но трубы-сушилки характеризуются значительной высотой; монтаж и эксплуатация таких сушилок связаны с дополнительными трудностями. Подсушка лигнина в сушилке кипящего слоя по схеме варианта 8 предпочтительнее.

После предварительной подсушки лигнина направляется в топливный тракт котлов, использующих отжатую кору и древесные отходы, и сжигается в их предтопках. Проведенный тепловой расчет топки подтвердил возможность реализации такого решения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аврух А. Я. Проблемы себестоимости электрической и тепловой энергии. М., Госэнергоиздат, 1966. [2]. Ахмина Е. И., Гефсиманский Г. И., Сухановский С. И., Чудаков М. И. Получение активированного угля из лигнина. — Сборник трудов ВНИИГСа. Т. 7. М., Гослесбумиздат, 1959. [3]. Жучков П. А. Специальный курс лекций по расчету тепло- и массообмена в процессах сушки и горения. — Л., ЛТИ ЦБП, 1963. [4]. Жучков П. А. Процессы сушки в ЦБП. М., «Лесная промышленность», 1965. [5]. Лапискии Ф. С. Брикетты из лигнина. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1960, №7. [6]. Прейскурант цен № 01-02. М., 1960. [7]. Романков П. Г., Рашковская Н. Б. Сушка в кипящем слое. — М., «Химия», 1964. [8]. Чолев И. П. и др. Получение топливных брикетов из гидролизного лигнина. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1975, № 3. [9]. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина. М., «Лесная промышленность», 1972.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 674.093 (08)

## ЦЕННОЕ ПОСОБИЕ ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЛЕСОПИЛЕНИЯ\*

Комплексное использование древесины можно осуществить только при условии концентрации и специализации лесопильно-деревообрабатывающего производства. Эффективность концентрации производства повышается при специализации предприятий на выпуск пиломатериалов ограниченного количества сечений, рассортированных по толщине.

Лесопиление по сравнению с другими отраслями производства отличается крайне низким уровнем концентрации и специализации, неравномерностью географического размещения и значительной распыленностью.

Рецензируемая книга — творческий итог авторов по вопросам специализации лесопильных предприятий. Особую ценность для работников деревообрабатывающих предприятий лесодефицитных районов европейской части СССР представляют следующие разделы книги: особенности и факторы повышения эффективности лесопильного производства; теоретические основы специализации лесопильных предприятий.

Большой теоретический и практический интерес представляют проведенные авторами исследования по оптимизации толщин пиломатериалов, вырабатываемых вслед за брусом, по определению требований к ширинам выпиливаемых досок, исследования анализа загрузки сортплощадок ТСТ-3, пакетоформирующих машин ПФМ, браковочно-пакетирующих установок БТУ и СПУ. Глубоко проанализированы фактически все этапы технологического процесса лесопильного предприятия. Вопросы производственной целесообразности тесно увязаны с экономической эффективностью проведения специализации предприятий.

Предложенная авторами методика определения уровня специализации, а также рекомендации и основные направления специализации, безусловно, окажут значительную помощь специалистам по определению путей ее проведения. Подробно, с использованием фактических материалов, рассмотрены вопросы специализации лесозэкспортных предприятий, отличающихся относительно высоким уровнем концентрации производства.

Книга заслуживает внимания и представляет значительный интерес не только для работников лесоперерабатывающих предприятий, но может быть рекомендована как ценное пособие для студентов старших курсов, дипломников и преподавателей лесотехнических вузов.

Ю. М. Бенько

Львовский лесотехнический институт

УДК 634.0.6 (048.1)

## НУЖНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ \*\*

Вышло в свет учебное пособие для лесотехнических вузов «Экономика лесного хозяйства». В книге применительно к учебной программе для вузов обобщен большой фактический материал по развитию лесного хозяйства страны и дано систематизированное изложение основных вопросов отраслевой экономики.

Характерная особенность пособия — его высокий научный уровень, широкое использование литературных источников, вдумчивый анализ достижений лесозащитной науки и лесохозяйственной практики.

Автор дает четкое определение лесного хозяйства как отрасли материального производства, показывает его состав, формирование и задачи на различных этапах социалистического строительства, преимущества лесного хозяйства нашей страны перед капиталистическим, его роль в удовлетворении потребностей народного хозяйства страны в продуктах и полезностях леса. Исходя из назначения и категорий лесов,

\* Ключев В. А., Покотило В. П. Опыт специализации лесопильных предприятий. М., «Лесная промышленность», 1977.

\*\* Янушко А. Д. Экономика лесного хозяйства. Изд. 2-е, перераб. и дополн. Минск, «Вышэйшая школа», 1977. Объем 19 п. л.



в книге правильно определяются основные направления развития и типы лесного хозяйства, которые отражают экономическую и экологическую роль лесов в системе народного хозяйства.

Лесной фонд СССР характеризуется как главное средство производства и объект лесного хозяйства. Показано, что рациональная эксплуатация и своевременные меры по восстановлению и выращиванию лесов, основанные на достижениях науки и практики, способствуют расширенному воспроизводству лесных ресурсов при одновременном повышении плодородия лесных земель.

Хорошо и логично изложены главы об основных и оборотных фондах. Классификация и структура основных фондов, их учет и виды оценки, показатели использования и воспроизводства даны с учетом особенностей отрасли. Значительное место отведено показателям использования основных и оборотных фондов. Автор правильно ориентирует читателя на более полное использование резервов лесного хозяйства по совершенствованию структуры и улучшению использования производственных фондов.

Во втором издании учебного пособия серьезной переработке подвергнута глава об управлении лесным хозяйством. В ней хорошо изложены основные принципы, функции и организационные формы управления. Показана особенность и задачи управления лесами как государственной собственностью и лесохозяйственным производством. Впервые в лесозаконономической литературе дана классификация функций управления, связанных с производственной деятельностью лесхозов, типы структур органов управления, методы управления. Рассматриваются современная структура и организация управления лесным хозяйством. Автор правильно отмечает, что множественность типов предприятий лесного хозяйства нельзя признать положительным явлением. Она порождает различие в оплате труда, в порядке финансирования предприятий, осложняет управление и руководство ими.

Отмечая недостатки в организации управления, автор показывает необходимость дальнейшего совершенствования структуры управления, повышение роли экономических методов в управлении. Производственные лесохозяйственные объединения рассматриваются как перспективная форма организации управления, дающая необходимый простор для углубления специализации и концентрации производства, для повышения эффективности интенсификации лесного хозяйства.

В пособии с достаточной полнотой рассмотрены вопросы планирования лесного хозяйства, показаны сущность и методические принципы планирования, виды планов и их взаимосвязь, построение отраслевого плана развития лесного хозяйства и пути совершенствования планирования.

Методически правильно и структурно хорошо изложены главы о себестоимости и ценах, хозрасчете и рентабельности в лесном хозяйстве. Автор совершенно справедливо отмечает, что и в лесохозяйственном производстве, финансируемом за счет собственных средств и бюджетных ассигнований, используются принципы хозрасчета. Однако такие принципы, как самоокупаемость и материальная заинтересованность коллектива в экономном использовании трудовых, материальных и денежных ресурсов, в повышении доходности лесного хозяйства используются недостаточно. В связи с этим в книге определены пути более широкого использования в лесном хозяйстве принципов хозрасчета и дальнейшего улучшения ценообразования.

Ценность книги как учебного пособия существенно возросла с выделением специальной главы по экономической эффективности капиталовложений и основных лесохозяйственных мероприятий.

В учебное пособие включена новая глава о научно-техническом прогрессе и интенсификации лесного хозяйства. Она написана на основе обобщения исследований автора и анализа развития лесного хозяйства. Правильно определены основные направления научно-технического прогресса, виды специализации, показатели интенсификации. Вместе с тем недостаточно полно освещены вопросы комбинирования и концентрации производства и их показатели.

Книга написана хорошим литературным языком, отличается четким и ясным изложением, иллюстрирована наглядными схемами. Оригинальный предметный указатель содержит определения основных лесозаконономических терминов и может служить для студентов своего рода лесозаконономическим словарем-справочником.

Оценивая работу в целом весьма положительно, мы не можем не сделать некоторых замечаний, которые следовало бы учесть автору при подготовке нового издания.

Главу о научно-техническом прогрессе и интенсификации лесного хозяйства лучше дать после рассмотрения народнохозяйственного значения лесов, а главу об экономической эффективности — в конце книги.

Требуют уточнения и некоторые определения, приводимые в предметном указателе (валовая продукция, валовой оборот, вспомогательное производство). Более широко следует развернуть вопросы экономической оценки лесов, лесного кадастра и теории лесного хозяйства в свете Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик.

Несмотря на некоторые недостатки, книга может быть широко использована в экономической учебе инженерно-технических кадров лесного хозяйства. Она получила положительную оценку лесозащитной общественности, студентов и работников лесного хозяйства.

Л. И. Ильев

Львовский лесотехнический институт

УДК 634.0.2 (048.1)

### ХОРОШИЙ УЧЕБНИК\*

Охрана, рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в интересах настоящего и будущих поколений законодательно закреплены в Конституции Советского Союза. Поэтому повышение качества подготовки лесных специалистов и эффективности их последующей практической деятельности является в настоящее время важной и неотложной задачей. Высококвалифицированному инженеру лесного хозяйства для понимания природы леса и овладения научно обоснованными методами работы прежде всего необходимы знания лесоводства.

В связи с этим заслуживает одобрения инициатива Минвуза УССР и издательства Львовского государственного университета, выпустивших хороший учебник для студентов лесохозяйственных факультетов вузов.

Учебник написан на современном научном и методическом уровне и состоит из двух частей: лесоведения (биологии леса) и основ практического лесоводства. В первой части рассматриваются вопросы интегрированного значения леса как элемента биосферы, понятие о лесе как о сложной, самовозобновляемой и саморегулируемой открытой системе живой и косной природы, прямые и обратные биотические, абиотические и антропогенные связи. Освещаются взаимосвязи леса с климатом, почвой и животным миром, вопросы лесной типологии. Во второй части описаны системы и способы рубок леса, методы естественного возобновления и лесовыращивания, затронуты вопросы использования недревесной продукции леса и комплексного решения проблемы повышения продуктивности лесов.

При написании учебника авторы использовали с достаточной полнотой новейшие достижения отечественной и зарубежной лесоводственной и смежных наук. Последовательность расположения материала, доступность и четкость изложения, содержательные таблицы (их в книге 35) и хорошие иллюстрации (58) свидетельствуют о высоком качестве рецензируемого учебника и добросовестной работе авторов.

Учебник издан весьма своевременно и несомненно окажет значительную помощь студентам и преподавателям лесохозяйственных, лесомелиоративных вузов и работникам лесного хозяйства.

Б. Д. Жилкин, Ю. Н. Азиев

Белорусский технологический институт

---

\* Горшенин Н. М., Швиденко А. И. Лесоводство. Под общей ред. Н. М. Горшенина. Львов, «Вища школа», 1977. 304 с.

## ЮБИЛЕИ

ОДИН ИЗ ПЕРВОПРОХОДЦЕВ И ОСНОВАТЕЛЕЙ  
ТЕОРИИ СОВЕТСКОГО ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Исполнилось 85 лет со дня рождения и 52 года производственной, научной, педагогической и общественной деятельности кандидата экономических наук, доцента Марийского политехнического института Освальда Оттовича Герница — крупного ученого в области лесоустройства и перспективного планирования лесного хозяйства.

О. О. Герниц родился 9 января 1893 г. в г. Выборге, в семье садовода. В 1912 г. поступил в Петербургский лесной институт. Вспыхнувшая империалистическая, а затем гражданская война надолго прервали его учебу. В середине 1914 г. он в составе артчасти отправился на фронт в качестве рядового. После февральской революции 1917 г. он был избран командиром батареи. В мае 1918 г. вступил добровольно в ряды РККА, в Красный военно-воздушный флот летчиком-наблюдателем в разведывательном авиационном отряде, участвовал в боевых действиях по охране Петрограда от белых армий.

В начале 1921 г. возвратился в Лесной институт и в 1922 г., окончив теоретический курс, начал работать преподавателем лесоустройства и лесной таксации в Парфинском лесном техникуме и одновременно помощником лесничего. В конце 1923 г., после защиты дипломной работы, был переведен на работу в Ленинградский лесной институт. Был назначен лесничим одного из пригородных учебно-опытных лесничеств; одновременно исполнял обязанности секретаря хозяйственного совета по управлению всеми учебно-опытными лесничествами ЛТА под руководством проф. М. М. Орлова. С 1924 г. начал учебную и научную работу ассистентом на кафедре лесоустройства проф. М. М. Орлова; с 1933 г. утвержден доцентом. Наряду с педагогической и учебно-методической работой, О. О. Герниц выполнял большую научно-исследовательскую и опытно-производственную работу: в 1928—1929 гг. руководил одной из комплексных экспедиций ЛТА в Западной Сибири по составлению перспективного плана хозяйственной деятельности Тайгинского леспромхоза Кузбассугля, в 1933—1934 гг. принимал участие в Уральской экспедиции по составлению плана технической реконструкции лесного хозяйства Востокстальлеса, в 1935—1936 гг. руководил составлением перспективного плана хозяйства Сиверского опытного леспромхоза ЦНИИЛХ, в 1938—1939 гг. участвовал в составлении генерального перспективного плана хозяйства Лисинского учебно-опытного леспромхоза ЛТА.

Опытно-производственные работы О. О. Герниц совмещал с глубокими и оригинальными научными исследованиями по проблемам организации лесного хозяйства и методики перспективного планирования. В эти годы им лично и в коллективе авторов написаны следующие крупные научные труды: «Принципы составления перспективного плана хозяйственной деятельности Тайгинского леспромхоза» (1935 г.), «Проект инструкции по составлению генерального плана лесного хозяйства» (1935 г.), «Проект временных правил для составления планов лесного хозяйства в лесах водоохранной зоны» (1937, 1938 гг.), «Перспективное планирование в леспромхозе» (1939, 1940 гг.). Последняя работа в 1941 г. была успешно защищена в качестве кандидатской диссертации.

С 1941 г. О. О. Герниц работает в Поволжском лесотехническом институте сначала доцентом, а затем заведующим кафедрой экономики и организации лесного хозяйства. Одновременно в 1942—1943 гг. он работал деканом лесохозяйственного факультета, а с 1943 г. — деканом вновь организованного инженерно-экономического факультета.

В 1942—1943 гг. по заданию АН СССР и Госплана Марийской АССР О. О. Герниц участвовал в работе по изучению лесного хозяйства и лесной промышленности республики в целях мобилизации ее лесных ресурсов на нужды обороны. Последующие годы, совместно с другими ведущими учеными данной отрасли знаний, он разрабатывает теоретические основы советского лесоустройства, в составе авторского коллектива участвует в подготовке первого вузовского учебника «Основы лесоустройства», вышедшего в 1950 г. и выдержавшего три издания. Наряду с этим, он участвует в разработке ряда общесоюзных лесоустроительных инструкций.

Существенное место в научной деятельности О. О. Герница занимает участие в 1956—1958 гг. в разработке генерального плана развития лесного хозяйства Марийской АССР. Это был один из первых опытов составления отраслевого комплексного плана в стране.

О. О. Герниц руководил научной разработкой вопросов лесоустройства учебно-опытного лесхоза Поволжского лесотехнического института в течение трех ревизионных периодов. Данный опыт был осуществлен в целях усовершенствования методов лесоустройства в интенсивном лесном хозяйстве, в том числе метода участкового хозяйства.

С сентября 1966 г. О. О. Герниц по состоянию здоровья уходит на заслуженный отдых, но продолжает творческую работу.

О. О. Герниц в своей многогранной деятельности продолжал прогрессивное направление отечественного лесоустройства и в коллективе с кафедрой ЛТА, вместе с другими ведущими учеными страны, создавал основы советского лесоустройства. Он хорошо известен в широких кругах лесной общественности как один из учеников проф. М. М. Орлова и как организатор учебной, методической и научной работы в высшей лесной школе по преподаванию лесоустройства.

Многочисленные ученики О. О. Герница успешно трудятся на кафедрах вузов, в лабораториях исследовательских институтов, на производстве. Они высоко ценят широкую эрудицию, исключительную скромность юбиляра, требовательность его к себе и другим. В дни юбилея они шлют ему сердечные поздравления и наилучшие пожелания доброго здоровья, большого счастья и радости творческого труда!

П. М. Верхунов, М. Л. Дворецкий, М. М. Михайлов,  
П. В. Алексеев, А. В. Зорин, Т. Н. Надина, П. А. Соколов,  
В. М. Грачев, А. В. Попова, И. В. Мамаев

Марийский политехнический институт

## НЕКРОЛОГ

**ИВАН СТЕПАНОВИЧ  
АВЕРКИЕВ**

6 апреля 1978 г. на 77-м году ушел из жизни Иван Степанович Аверкиев, ученый, ветеран Марийского политехнического института, заслуженный деятель науки и техники Марийской АССР. Вся жизнь И. С. Аверкиева была связана с лесным хозяйством: студент Казанского института сельского хозяйства и лесоводства, его ассистент, затем ассистент кафедры лесной энтомологии Казанского, а позже Поволжского лесотехнического института, с 1935 г. доцент, а с 1961 г., после защиты докторской диссертации в АН УССР, профессор. В течение 24 лет он заведовал кафедрой лесной энтомологии, а впоследствии кафедрой ботаники и лесозащиты.

И. С. Аверкиев создал в Среднем Поволжье школу лесопатологов, известную в СССР. Он был непременным участником большинства энтомологических экспедиций страны, а также участником международных симпозиумов и энтомологических конгрессов.

Многие поколения инженеров лесного хозяйства и молодых ученых воспитал И. С. Аверкиев. С его именем связано развитие северного шелководства в Марийской АССР, он являлся неоднократным участником ВДНХ СССР, ему принадлежит много изобретений и научных рекомендаций производству в области защиты леса, борьбы с вредными насекомыми, подсадки леса.

После катастрофических лесных пожаров 1972 г. по его инициативе было проведено Всесоюзное совещание по проблеме ликвидации их последствий в Марийской АССР, заместителем председателя Оргкомитета которого ему довелось быть.

Всегда простой и скромный, жизнерадостный, трудолюбивый, признанный талантливый ученый воплотил в себе лучшие черты простого народа и поднялся до уровня известного ученого, отдавая знания народу.

Как крупный ученый и методист И. С. Аверкиев являлся членом секции лесного хозяйства и лесной промышленности Научно-технического совета Минвуза СССР, членом экспертной комиссии Волго-Вятского регионального научно-методического совета Минвуза РСФСР. Им опубликовано более 100 научных статей, книг и пособий, в том числе в изданиях АН СССР, докладах и сборниках Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук. Признанием заслуг И. С. Аверкиева явилось награждение его орденом Трудового Красного Знамени, многими медалями и почетными грамотами. Светлый образ ученого, неутомимого труженика навсегда останется в памяти учеников, товарищей и всех знавших его.

Группа товарищей

Марийский политехнический институт.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н. М. Божовкин, Е. С. Романов.</i> События большого идейного и мобилизующего звучания . . . . .	3
--	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н. И. Федоров, Ю. М. Подлицук.</i> О возможностях ранней диагностики поражения ельников корневой губкой . . . . .	5
<i>Н. К. Чернышова, В. В. Князева.</i> Влияние некоторых грибных заболеваний на биохимический состав хвои сосны и ели . . . . .	7
<i>Н. Г. Косарев.</i> О формировании древостоев при проведении длительно-постепенных рубок в пихтарниках Кемеровской области . . . . .	10
<i>А. С. Тихонов.</i> К вопросу о возобновительной спелости ели . . . . .	13
<i>И. М. Малаховец, Н. А. Бабич.</i> О влиянии удобрений на некоторые физиологические процессы и рост культур на осушенном болоте . . . . .	16
<i>А. Г. Савченко.</i> Поврежденность стволов, скорость и время зарастания огневых трав у деревьев сосны крымской после сильных низовых пожаров . . . . .	19
<i>В. В. Цылаков.</i> Обоснование фрезерного почвоподготавливающего органа для комбинированных лесопосадочных машин . . . . .	23

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко.</i> Исследование остаточной прочности пилесушильных канатов подвесных лесотранспортных установок . . . . .	29
<i>В. А. Александров.</i> Динамика манипулятора при наборе веза из пачек . . . . .	34
<i>Ю. Н. Перельмутер.</i> К вопросу обоснования способа надвигания при определении мощности привода электродвигателя . . . . .	38
<i>Н. И. Коваленко, В. С. Морозов.</i> Исследование деформационных свойств мерзлого торфа . . . . .	43
<i>Г. Я. Суров.</i> Результаты натурных исследований удара плывущего пучка бревен о сооружение . . . . .	48
<i>В. Н. Исеева.</i> Перемещение лесоматериалов плоскими возбужденными потоками . . . . .	53
<i>Ю. И. Стахеев, С. И. Орловский.</i> Выбор условий и объема работ для испытательных лесохозяйственных тракторов . . . . .	56

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. Г. Кочегаров, К. А. Белая.</i> Определение усилия при разделке шпелей на осмол методом безопилочного резания . . . . .	60
<i>В. И. Хотанзейский.</i> О влиянии некоторых факторов на осевое смещение бревна . . . . .	64
<i>Ю. И. Тимофеев, А. А. Голованчиков, В. И. Суликов.</i> Графо-аналитическое определение кинетической погрешности фугования от некоторых геометрических неточностей фуговальных станков . . . . .	67
<i>А. Е. Чаадаев, Н. И. Чубов, Ю. И. Чубов, А. Л. Скляр.</i> Композиционный материал на основе прессованной древесины . . . . .	70
<i>А. Ф. Кулиничев.</i> Влияние скорости нагружения на механические свойства при испытаниях опилочных древесных пластинок . . . . .	74
<i>Б. И. Васильев, Л. В. Ельков, В. Я. Чинарев.</i> О действии температуры на напряженно-деформированное состояние ДСП . . . . .	77
<i>В. В. Моринев.</i> О влиянии зазоров и погрешностей формы на работоспособность подшипников скольжения . . . . .	79
<i>В. П. Левченко.</i> Влияние сучков на предел прочности при сжатии вдоль волокон древесины сосны строительных размеров . . . . .	84

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>А. И. Кирианов, А. А. Эльберт, Ю. Д. Юдкевич.</i> Закономерности водопоглощения и набухания древесностружечных плит . . . . .	87
<i>В. И. Воробьев.</i> Корреляционный анализ уноса частиц из аппарата при их сушке в газомеханическом псевдооживленном слое . . . . .	90
<i>А. А. Эльберт, Л. П. Коврижных, В. В. Васильев.</i> Сравнительные исследования фенолоформальдегидных связующих и древесностружечных плит на их основе . . . . .	94

О. К. Завьялова, Т. А. Соколова, А. А. Ливеровский, М. Я. Зарубин, К. С. Шнейдер, Р. Э. Иоонас, Н. Д. Серебрянников. Использование ПАБ-смола для синтеза бензилбензойных кислот . . . . .	98
Е. В. Грачева, Э. Д. Левин. Свойства шихтовых брикетов для выплавки ферросплавов, полученных на основе гидролизного лигнина . . . . .	102
Л. М. Кирпичева, Н. Р. Глухова, М. И. Чудаков, Г. П. Санников. Получение сульфитной целлюлозы из «арборицидной» древесины ели . . . . .	105

#### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

К. А. Чекалкин. Метод расчета потребности в теплоходах на обслуживание механизированных поточных линий для формирования плотов . . . . .	109
В. А. Червоинский. Методы максимизации выхода цилиндрического объема сортиментов при раскряжке древесины хлыстов . . . . .	113

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Н. П. Мошонкин. Теоретические аспекты лесного хозяйства и организации его предприятий . . . . .	118
В. М. Иванюта. К проблеме плантационного лесопользования . . . . .	124
И. В. Воронин, В. И. Янышев. Характеристика состояния использования ресурсов древесных твердых пород в условиях ЦЧЭР . . . . .	127
А. В. Новиков, В. Е. Леванов. Влияние пунктов реализации на себестоимость круглых лесоматериалов . . . . .	129
Д. Л. Душок. Определение оптимального межоперационного запаса сырья . . . . .	131

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. К. Славянский. К вопросу о питании углекислотой леса в сомкнутом пологе . . . . .	135
Б. Д. Зайцев. О пестроте содержания обменных катионов в верхних генетических горизонтах лесных подзолистых почв . . . . .	137
Е. И. Цурик. Особенности роста и динамика товарности условно разновозрастных карпатских ельников . . . . .	138
С. М. Вонский, Л. В. Тетюшева. Особенности подстильно-гумусовых лесных пожаров в чистых ельниках черничных . . . . .	144
Б. Т. Годуа. Пазиноморфология некоторых видов сосен . . . . .	145
Е. А. Памфилов, Н. М. Петренко. К вопросу о механизме изнашивания дерево-режущего инструмента . . . . .	148
С. П. Коноплев. Анализ получения обзола при обрезке досок с односторонней кривизной . . . . .	150
И. П. Остроумов, Е. А. Богданов. Концентрация напряжений в рамных пилах . . . . .	152
Ю. Н. Бобылева, С. Л. Давыдов, Г. Г. Зарецкий-Феоктистов. К вопросу об определении упругих параметров древесины ультразвуковым методом . . . . .	156
Е. С. Билов, М. Н. Феллер. Об оптимальном раскрое сухих досок на чистовые брусковые мебельные заготовки . . . . .	159
А. И. Егоров, В. Б. Кунтыш, А. Э. Пиир. Об энергетическом использовании гидролизного лигнина . . . . .	162

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Ю. М. Бенько. Ценное пособие по специализации лесопиления . . . . .	168
Л. И. Ильев. Нужное учебное пособие . . . . .	168
Б. Д. Жилкив, Ю. Н. Азиев. Хороший учебник . . . . .	170

#### ЮБИЛЕИ

П. М. Верхунов, М. Л. Дворецкий, М. М. Михайлов, П. В. Алексеев, А. В. Зорин, Т. Н. Надина, П. А. Соколов, В. М. Грачев, А. В. Попова, Н. В. Мамаев. Один из первопроходцев и основателей теории советского лесостроительства . . . . .	171
---	-----

#### НЕКРОЛОГ

Группа товарищей. Иван Степанович Аверкиев . . . . .	173
--	-----

---

## CONTENT

- I. M. Bokhovkin, E. S. Romanov.* Events of great high-mindedness and mobilizing sounding . . . . . 3

### FORESTRY

- N. I. Fedorov, Yu. M. Poleshchuk.* On early diagnostics of spruce stands *Fomes annosus* root rot . . . . . 5
- N. K. Chernyshova, V. V. Knyazeva.* Influence of some fungus diseases on biochemical composition of pine and spruce needles . . . . . 7
- N. G. Kosarev.* On formation of stands under the long-gradual cuttings in the fir-tree forests of the Kemerovo region . . . . . 10
- A. S. Tikhonov.* On the reproducing ripeness of spruce . . . . . 13
- P. M. Malakhovets, N. A. Babich.* On the influence of fertilizers upon some physiological processes and growth of cultures on drained bog . . . . . 16
- A. G. Savchenko.* Injury level of stems, rate and time of healing wounds in trees of *Pinus pallasiana* after severe ground fires . . . . . 19
- V. V. Tsyplakov.* The argument for using cutter soilpreparing instrument for the combined forestplanting machines . . . . . 23

### FOREST EXPLOITATION

- N. M. Belaya, A. G. Prokhorenko.* The research of residual strength of carrying cables for overhead timber-transport devices . . . . . 29
- V. A. Alexandrov.* Manipulator's dynamics in heap bunching . . . . . 34
- Yu. N. Perelmuter.* Grounds for electric saw moving when determining the power required . . . . . 38
- N. P. Kovalenko, V. S. Morozov.* The research of deformation properties of frozen peat . . . . . 43
- G. Ya. Surov.* The results of natural investigations of floating logs bunch stroke against construction . . . . . 48
- V. N. Isaeva.* The removal of timber by flat excited flows . . . . . 53
- Yu. I. Stakheev, S. N. Orlovsky.* Choice of conditions and amount of work for testing tractors used in forestry . . . . . 56

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

- V. G. Kochegarov, K. P. Belyaev.* Determination of the efforts when preparing stumps for pitching by the sawdustless cutting method . . . . . 60
- V. I. Khatanzelsky.* Influence of some factors on displacement of log along axis . . . . . 64
- Yu. P. Timofeev, A. A. Golovannikov, V. I. Sultnov.* Grapho-analytical definition of kinetic error of jointing as a result of some jointers geometrical inaccuracies . . . . . 67
- A. E. Chaadaev, N. I. Chubov, Yu. I. Chubov, A. L. Sklyarov.* Compositional material on the basis of pressed wood . . . . . 70
- A. F. Kulnischev.* Influence of loading speed on the mechanical properties of sawdust wood plastics . . . . . 74
- V. I. Vasiliev, L. V. Elkov, V. Ya. Chinarev.* Influence of temperature on the stressed-strained condition of particleboards . . . . . 77
- V. V. Morshnev.* Influence of clearance and errors of form on plain bearings efficiency . . . . . 79
- V. P. Leuchenko.* The influence of knots on parallel to grain compression strength of wood of construction size pine . . . . . 84

### CHEMICAL WOODWORKING

- A. I. Kiprianov, A. A. Elbert, Yu. D. Yudkevich.* Regularities of water absorption and swelling thickness of particleboards . . . . . 87
- V. P. Vorobyev.* Correlated analysis of carrying off wooden particle out of apparatus at their drying in gas-mechanical pseudo-fluidized layer . . . . . 90
- A. A. Elbert, Z. P. Kovrizhnykh, V. V. Vasiliev.* The comparing investigation of phenol-formaldehyde adhesives and particleboards based on them . . . . . 94



## Content

O. K. Zavyalova, T. A. Sokolova, A. A. Liverovsky, M. Ya. Zarubin, K. S. Shneider, R. E. Ioanas, N. D. Serebryannikov. The application of the PAB-resins for the synthesis of benzyl-benzoic acids . . . . .	98
E. V. Grachyova, E. D. Levin. Properties of charge brickets for ferrosilicon smelting obtained on the basis of hydrolysis lignin . . . . .	102
L. M. Kirpicheva, N. R. Glukhova, M. I. Chudakov, G. P. Sannikov. Production of sulphite cellulose of „arboricid“ spruce wood . . . . .	105

### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

K. A. Chokalkin. The method of calculating needs in motorvessels when using them at mechanized production lines for rafting . . . . .	109
V. A. Chervinsky. Methods of maximizing yield of cylindrical sortments while bucking tree-lengths . . . . .	113

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION

N. P. Moshonkin. Theoretical aspects of forestry and organization of its enterprises . . . . .	118
V. M. Ivanyuta. On the problems of forest plantation usage . . . . .	124
I. V. Voronin, V. I. Yanyshev. The survey of hardwoods utilisation in the central black soil economic region . . . . .	127
A. V. Novikov, V. E. Levanov. Influence of the points of realization on the cost of the round-timber . . . . .	129
D. L. Dudyuk. Estimation of the optimum raw material reserve . . . . .	131

### SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. K. Slavyansky. On the question of the forest nutrition with the carbon dioxide in the cover of the top-crown . . . . .	135
B. D. Zaitsev. On the diversity of exchangeable cation contents in the upper genetic horizons of forest podzol soils . . . . .	137
E. I. Tsurik. Special features of growth and marketability dynamics of the conditionally different-aged Carpathian fir-groves . . . . .	138
S. M. Vonsky, L. V. Tetyusheva. The peculiarities of litter-humus fires in clear fir-biebery forests . . . . .	144
B. T. Todua. Palynomorphology of some pine species . . . . .	145
E. A. Pamfilov, N. M. Petrenko. The mechanism of wood cutting instrument wear . . . . .	148
S. P. Konoplev. The analysis of getting wane when cutting boards with one-sided crook . . . . .	150
I. P. Ostroumov, E. A. Bogdanov. Stress concentration in frame saws . . . . .	152
Yu. N. Bobyleva, S. D. Davydov, G. G. Zaretsky-Feoktistov. On determination of elastic parameters of wood by ultrasonic method . . . . .	156
E. S. Bilov, M. N. Feller. On optimum cutting out dry boards for clean beam furniture products . . . . .	159
A. I. Egorov, V. B. Kuntyshev, A. E. Pitr. On power using hydrolysis lignin . . . . .	162

### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

Yu. M. Benko. Valuable text-book on specialisation of wood-sawing . . . . .	168
L. I. Iliev. Indispensable text-book . . . . .	168
R. D. Zhilkin, Ju. N. Azntev. The fine text-book . . . . .	170

### JUBILEE

P. M. Verkhunov, M. L. Dvoretzky, M. M. Michailov, P. V. Alekseev, A. V. Zorin, T. N. Nadina, P. A. Sokolov, V. I. Grachev, A. V. Popova, I. V. Mamaev. One of the pioneers and founders of Soviet forest arrangement theory . . . . .	171
--	-----

### NECROLOGY

The group of comrades. I. S. Averkiev . . . . .	173
---	-----