

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

2

1958

АРХАНГЕЛЬСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени В. В. КУЙБЫШЕВА

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доц. **Ф. И. Коперин** (отв. редактор), проф. **Н. П. Вознесенский**, доц. **П. И. Войчалъ** (зам. отв. редактора), председатель Архангельского совнархоза **И. Е. Воронов**, проф. **А. Е. Грубе** (зам. отв. редактора), проф. **М. Д. Данилов**, проф. **В. К. Захаров**, проф. **О. Г. Каппер**, проф. **С. Я. Коротов**, проф. **Ф. М. Манжос**, акад. ВАСХНИЛ проф. **И. С. Мелехов**, проф. **И. М. Науменко**, доц. **Н. В. Никитин**, доц. **С. И. Рахманов**, доц. **В. В. Щелкунов**.

Ответственный секретарь редакции **А. И. Кольцова**.

---

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

Выходит 6 раз в год.

---

Адрес редакции: Архангельск, Набережная имени Сталина, 17,  
Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ОБ ОДНОМ ИЗ СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ  
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
В МАЛОЛЕСНЫХ РАЙОНАХ

Б. Д. ЖИЛКИН

Профессор

(Белорусский лесотехнический институт)

Благодаря плановой социалистической системе хозяйства на наших глазах осуществляется мечта передовых умов человечества о преобразовании природы, о превращении малопродуктивных растительных сообществ в высокопродуктивные, отвечающие хозяйственным целям и повышенным требованиям материальной и духовной культуры грядущего коммунистического общества.

Таежную (лесную) зону В. В. Докучаев относил к «сельскохозяйственному царству» с ведущей, преобразующей ролью аэрации (дренажа), минерализации и инокуляции (заражения почв полезными микроорганизмами).

Основоположник отечественной агрохимии акад. Д. Н. Прянишников настоятельно рекомендовал люпиносеяние (в особенности высев хладостойкого и быстро размножающегося многолетнего люпина) в целях повышения плодородия подзолистых почв этой зоны.

Несмотря на наши большие достижения в области лесного хозяйства, средний годичный прирост (урожай) древесной массы на 1 га у нас еще продолжает оставаться низким. Так, например, в БССР, районе исключительно благоприятном по гидротермическим условиям для произрастания лесов, средний годичный прирост древесной массы на 1 га составляет всего 2,3 м<sup>3</sup>, в то время как в близкой по климатическим условиям Чехословакии его удалось повысить за последние годы с 2,8 м<sup>3</sup> до 3,7 м<sup>3</sup> на 1 га.

Одной из основных причин низкой продуктивности наших лесов являются лесные пожары. Во время лесных пожаров выгорает подстилка, прокаливается почва, уничтожаются в ней запасы органических веществ, повышается кислотность, ухудшаются азотный и минеральный режимы питания древесных пород и, как следствие, резко снижается продуктивность леса, которая восстанавливается затем очень медленно (десятками лет). Представление же о том, что на кислых подзолистых почвах дикие древесные виды, например, береза, сосна и др., растут хорошо, — неправильно. Общепризнанная ведущая и всеопределяющая роль об-

мена веществ в жизни организмов не представляет исключения для лесобразующих древесных пород.

Для повышения урожайности различных культур большое значение имеют удобрения. Одним из наиболее научно обоснованных и экономически доступных способов повышения плодородия лесных почв и продуктивности лесов является разведение в лесах сопутствующей междурядной культуры бобовых растений. Для этой цели особенно рекомендуется испытанная культура многолетнего люпина, способного обогащать почву не только большим количеством органического вещества и биологическим азотом, но и добывать из глубоких подпочвенных слоев и переводить в усвояемые формы труднорастворимые минеральные элементы.

После опубликования русским лесничим Политаевым в «Лесном журнале» в 1894 году результатов своего первого опыта по улучшению роста посадок сосны на бедных песчаных почвах с помощью междурядной культуры многолетнего люпина в Жосельской лесной даче бывш. Виленской губ, этот рациональный способ фитомелиорации был в дальнейшем испытан преимущественно на Западе, где по этому вопросу вышло много работ, подводящих итоги 10—20 и даже 50-летних опытов.

Исследования Герхардта (1927) \* в Германии показали, что посадки сосны, произведенные на площади свыше 750 га с междурядной культурой многолетнего люпина на песчаных почвах вересковых пустошей в Эйзенахе, дали повышение на два-три класса бонитета и в 20-летнем возрасте выглядели так же, как 30-летние без люпина и, таким образом, срок выращивания леса в этом опыте сократился по крайней мере на 10 лет, а хозяйство получало значительный доход от реализации семян многолетнего люпина.

В опубликованной в 1950 году в Праге обширной монографии известного чехословацкого почвоведом и биохимиком А. Немеца «Удобрение лесных культур» \*\* убедительно показано, как с помощью сопутствующей культуры многолетнего люпина достигается повышение плодородия бедных подзолистых лесных почв и увеличение приростов у сосны в 1,5—2 раза, у ели в 3, у черной ольхи в 5 и у лиственницы в 7 раз.

Немецкий исследователь В. Виттих \*\*\* описывает результаты 50-летнего фитомелиоративного воздействия многолетнего люпина с применением известкования на всей площади лесничеств Эбнат и Адольф, в которых низкопродуктивные сосновые насаждения III/IV бонитетов удалось превратить под влиянием этого мероприятия в высокопродуктивные сосново-еловые насаждения I/II бонитета.

Заместитель министра сельского и лесного хозяйства ГДР Курт Шамель в своей статье, опубликованной в журнале «Forst und Jagd» № 1 за 1956 год, в числе достижений лесного хозяйства ГДР за 1955 год прежде всего отмечает широкое проведение мероприятий по удобрению лесных почв в целях повышения продуктивности лесов.

Эффективность применения междурядной культуры многолетнего люпина лесоводами Белоруссии (в Браславском, Глубокском, Ивацевичском, Минском, Могилевском и Негорельском учебно-опытных лесхозах) исследована коллективом кафедры лесоводства и дендрологии Белорусского лесотехнического института им. С. М. Кирова. Исследования подтверждают заключения зарубежных лесоводов о том, что

\* E. G e h r h a r d t. Dauerlupinen im Walde. Illustrierte Landwirtsch. Zeit, 1927, v. 47, Nr. 24.

\*\* A. N e m e c. Hnojeni lesnich kultur. Praha, 1950.

\*\*\* W. W i t t i c h. 50 Jahre Ebnath (Weitere Untersuchungen über die Melioration extrem ungünstiger Rohhumusböden). Forstwiss. C B L, 1956, Jg. 75, H. 9/10.

при соблюдении научно обоснованной агротехники междурядная культура многолетнего люпина может значительно повышать прирост леса. Например, в Негорельском учебно-опытном лесхозе за 23 года после введения люпина прирост сосны повысился на  $76 \text{ м}^3$  на 1 га или на 65%, а в Браславском лесхозе прирост ели за 17 лет повысился в 3 раза. Отмечается значительное улучшение качества древесины, повышение урожай древесных семян, улучшение почвозащитных, водоохраных и эстетических свойств леса, повышение его пожароустойчивости.

В результате длительного применения люпиносеяния на Новозыбковской опытной сельскохозяйственной станции произошло повышение плодородия рыхлых песчаных почв и значительно возросла урожайность сельскохозяйственных культур. За 23 года продуктивность севооборота за счет зеленого удобрения люпином повысилась на 45,3% (И. А. Стоюшкин, 1956; А. А. Колосова и Н. Д. Салова, 1957; П. Шишов, 1957). На экспериментальной базе АН БССР «Боровляны» трехлетний опыт показал, что многолетний люпин способствует повышению урожая не только озимой ржи, но и подсевных многолетних трав, мало отличающихся от урожая по черному унавоженному пару (И. Г. Стрелков, 1956). В Житомирской области на Полесской станции полеводства урожаем кукурузы без люпина составил 26 ц/га, а по пожнивному люпину — 42 ц/га (ВСХВ, 1956).

В настоящее время уточняется вопрос о способах применения люпина на удобрение и на корм.

Лабораторно-полевыми опытами на песчаных почвах Новозыбковской опытной станции (А. А. Колосова и Н. Д. Салова, 1957) установлено, что с увеличением дозы зеленого люпинового удобрения коэффициент ее использования значительно снижается. Урожай зерна ржи без удобрения составили 6,5 ц/га, при запашке зеленой массы люпина 18 т/га — 11,1 ц/га, 36 т/га — 13,4 ц/га и 54 ц/га, — 15,3 ц/га; то есть на каждую тонну запаханной зеленой массы люпина прибавка урожая зерна ржи составила: при минимальной дозе — 26 кг, средней — 19 кг, при максимальной — 16 кг. При этом оказалось, что с увеличением веса зеленой массы люпина снижался не только последующий урожай ржи, но и процент использования содержащихся в зеленой массе люпина элементов питания, а именно:

при запашке зеленой массы 18 т/га

N — 23,1%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 45,0%;  $\text{K}_2\text{O}$  — 49,0%;

при запашке зеленой массы 54 т/га

N — 16,7%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 26,9%;  $\text{K}_2\text{O}$  — 33,7%.

Низкий коэффициент использования зеленого удобрения авторы опыта объясняют тем, что на песчаных почвах органическая масса люпина быстро минерализуется, а высокая водопроницаемость этих почв способствует вымыванию элементов разложения в нижние, недоступные для корней большинства растений, слои почвы. Это объяснение, вероятно, может быть дополнено и расширено, если учесть изменения микроклиматических условий среды, в которой выращивается люпин, и условия существования живущих на корнях люпина клубеньковых бактерий в зависимости от величины урожая его зеленой массы. Основанием для этого утверждения могут служить наши наблюдения в Негорельском учебно-опытном лесхозе за ростом посаженных в 1954 году сосновых культур, в междурядьях которых, одновременно с посадками сосны, был высеян многолетний люпин. Данные наблюдений представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ стационара	Объекты наблюдений	Урожай люпина на 3-м году жизни в ц/га	Микроклиматические показатели				
			освещенность в % от поля	температура на поверхности почвы в °С	задержание дождевых осадков в % от выпавших на поле	испаряемость с водной поверхности в %	влажность почвы на глубине 5 см в %
8Д	Поле (черный пар) . . . . .		100	21,7	0	32,6	11,0
	Сухой бор, сосняк вересковый на песчаной почве:						
8	контроль . . . . .	243	91	26,1	19	12,1	10,6
	под люпином . . . . .		70	24,2	27	5,7	14,1
	Влажная субурь, сосняк орляково-черничниковый на супесчаной почве:						
	контроль . . . . .	900	28	25,6	8	16,6	28,4
	под люпином . . . . .		18	18,2	43	3,8	18,4

Примечания: 1. Освещенность и температура наблюдались 9 сентября 1957 года с 12 до 14 часов дня на поле при безоблачной погоде, средней скорости ветра на поле 3 м/сек.

2. Учет задержания дождевых осадков производился 30/IX и 5/X-1957 года.

Наблюдающееся при мощном развитии люпина уменьшение освещенности, прогреваемости, испаряемости и увлажненности поверхностных горизонтов почвы, по-видимому, снижает жизнедеятельность живущих в симбиозе с ним клубеньковых бактерий, а также интенсивность биохимических процессов, протекающих в самом люпине. Поэтому скашивание зеленой массы люпина независимо от того, как она будет дальше использована — на корм или для укосного удобрения с вывозкой за пределы его произрастания или для мульчирования почвы и перегнивания его на месте, должно повышать жизнедеятельность клубеньковых бактерий и самого оставшегося люпина и давать более высокий суммарный эффект использования аккумулируемой люпином даровой энергии солнца и его способности повышать интенсивность круговорота углерода, азота, кальция, фосфора, калия и других элементов пищи растений.

Нам весьма импонирует то, что передовая агрономическая мысль разными путями приходит к обоснованию наиболее рациональных двухсторонних способов использования люпинов. О таком использовании люпина мы писали в нашей статье «О люпиново-сосновом хозяйстве» (1951), предлагая использовать зеленую массу многолетнего горького люпина, вводимого в междурядья лесных культур, в качестве укосного удобрения на полях, а его пожнивные остатки — в отаву, для повышения плодородия лесных почв. В то время мы не располагали еще убедительными доказательствами того, что вывоз на поля зеленой укосной массы люпина не снижает его положительного влияния на плодородие лесных почв и на улучшение роста лесных культур. В настоящее время мы в этом убеждаемся как по результатам опытов в сельском хозяйстве, так и по материалам исследований, сделанных кафедрой лесоводства и дендрологии Белорусского лесотехнического института.

Так, например, на Судогодском опытном поле (Владимирской области) учтенный в 1955 году опыт 1954 года показал, что урожаем зерна озимой ржи по отаве многолетнего люпина, запаханной через 36 дней после скашивания, составил 22,2 ц/га, в то время как урожай ржи при

внесении 24 т навоза на га составил 21,6 ц/га и при внесении 20 т укосной массы люпина на га — 18,7 ц/га. В другом опыте урожай озимой ржи по отаве люпина составил 22,8 ц/га, а по люпину, запаханному в фазе цветения, 19,8 — 23,5 ц/га. (П. Соловьев и А. Соловьева, 1956). Авторы этих опытов пришли к заключению о необходимости закладки широкого, производственного опыта по изучению этого, наиболее рационального, двухстороннего способа использования многолетнего люпина на зеленое удобрение.

Выведение безалкалоидных кормовых люпинов привело к двухстороннему их использованию: и как прекрасных белковых кормов, и для запахивания их отавы на зеленое удобрение.

На Новозыбковской опытной станции были проведены сравнительные опыты с малоалкалоидными кормовыми люпинами для того, чтобы выяснить целесообразность двухстороннего использования люпинов. Результаты опытов оказались следующими: при запахивании всей зеленой массы люпина, в количестве 264,2 ц/га, урожай зерна ржи, снятой с этого поля в следующем, 1955 году, оказался равным 21,8 ц/га, а соломы — 49,3 ц/га. Урожай картофеля, собранный с того же поля в 1956 году, составил 229,5 ц/га. Таким образом, урожай с этого поля за период 1954—1956 годы выразился в 10 549 кормовых единиц на гектар. В аналогичных условиях были проведены опыты по двухстороннему использованию люпина. Было запахано на удобрение 109,5 ц/га зеленой массы люпина, заготовлено на корм 176 ц/га. В следующем 1955 году собран урожай зерна озимой ржи 19,2 ц/га, соломы — 40,8 ц/га, а в 1956 году — 241,4 ц/га картофеля. Урожай при двухстороннем способе использования люпина составил 11 988 кормовых единиц на гектар, то есть на 13% превысил урожай в кормовых единицах, собранный с поля, где люпин использовался только в качестве удобрения. Таким образом, в данных условиях опыт двухстороннего использования люпинов оказался удачным.

Испытания откармливания кормовым люпином рогатого скота, овец, свиней, кур, уток и других животных показали высокую его эффективность, так как он, по сравнению с другими культурами, содержит большее количество белков.

В Венгрии с успехом прошли пятилетние испытания люпиновых пастбищ.

Исследования, проделанные коллективом кафедры лесоводства и дендрологии БЛТИ в Негорельском учебно-опытном лесхозе на вышеуказанных стационарах (№ 8<sup>1</sup> и 8), в посадках 1954 года по обмерам 1956 года показали, что средняя высота сосны составляла на песчаных почвах в сухом бору на контроле 26 см и в посадках с люпином — 34 см, а на супесчаных почвах во влажной субори на контроле 49 см и в посадках с люпином — 47 см. Снижение прироста сосны в высоту во влажной субори объясняется заглушающим влиянием мощно развитого здесь люпина (рис. 1). Такое же явно заглушающее влияние мощно развитого многолетнего люпина на рост сосны обнаружилось в первые четыре года после одновременного его введения с посадкой сосны старшим лесничим К. С. Шулейко в 1947 году на супесчаной почве в свежей субори в квартале 349 Борецкого лесничества Ивацевичского лесхоза Брестской области (табл. 2), где к 10-летнему возрасту запас древесины сосны на пробе с люпином оказался почти вдвое (на 181%) выше, чем на контроле.

Еще более резкое заглушающее влияние мощно развитого многолетнего люпина обнаружено в первые 7 лет на супесчаных почвах в культурах ели 1939 года в 89 квартале Видзовского лесничества

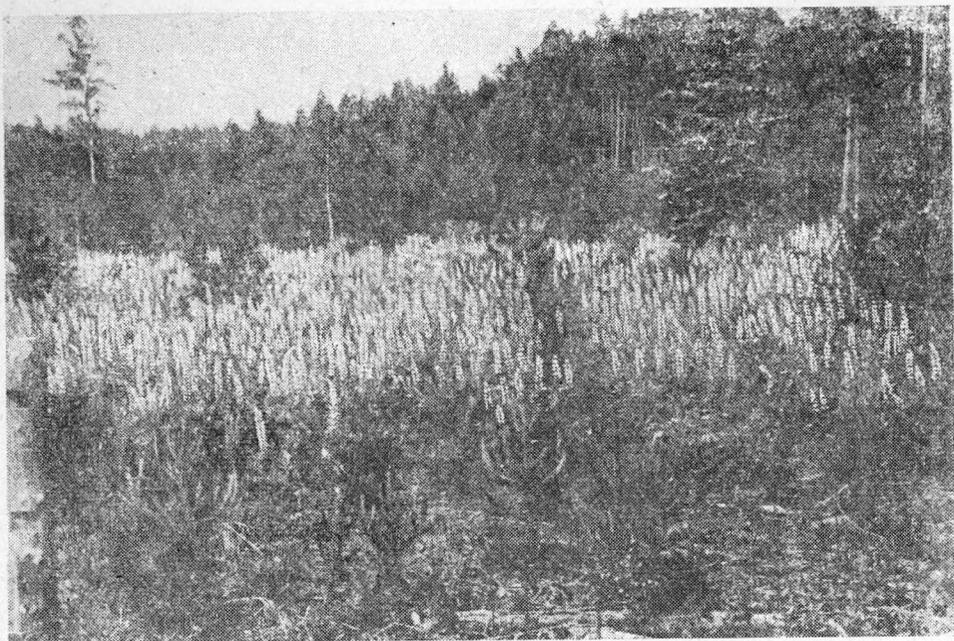


Рис. 1. Общий вид стационара № 8 в Негорельском учебно-опытном лесхозе БЛТИ с междурядной культурой многолетнего люпина в посадках сосны 1954 года в сосняке орляково-черничниковом на супесчаной почве. На четвертый год после введения люпина сосна еще продолжает заглушаться мощно развитым люпином. Рекомендуется скашивание люпина с использованием его на укосное удобрение или силос.

Таблица 2

Годы	Средняя высота древостоя в м		Разница по сравнению с контролем	
	проба с люпином	контроль без люпина	абсолютн. в м	в %
1946	0,06	0,06		
1947	0,10	0,15	-0,05	-33,0
1948	0,17	0,24	-0,07	-29,0
1949	0,42	0,48	-0,06	-12,0
1950	0,76	0,80	-0,04	-2,0
1951	1,06	1,00	+0,06	+6,0
1952	1,38	1,30	+0,08	+6,2
1953	1,75	1,64	+0,11	+6,7
1954	2,18	1,98	+0,20	+10,0
1955	2,70	2,36	+0,34	+14,0
1956	3,38	2,82	+0,56	+20,0

Браславского лесхоза Молодечненской области (табл. 3), где к 17-летнему возрасту запас ствольной массы под влиянием многолетнего люпина увеличился почти в три раза (на 289%) \*.

\* В исследованиях хода роста опытных культур с люпином участвовали студенты лесоводственного кружка и дипломанты: Н. Я. Зайцев, А. В. Кошар, И. Э. Рихтер и др.

Таблица 3

Годы	Средняя высота древо- стоя в м		Разница по сравнению с контролем	
	проба с люпином	контроль без люпина	абсолютн. в м	в %
1940	0,02	0,05	-0,03	-60
1941	0,08	0,15	-0,07	-47
1942	0,16	0,26	-0,10	-38
1943	0,30	0,39	-0,09	-23
1944	0,41	0,53	-0,12	-23
1945	0,70	0,75	-0,05	-7
1946	0,95	0,91	+0,04	+4
1947	1,25	1,15	+0,10	+9
1948	1,67	1,40	+0,27	+19
1949	2,20	1,64	+0,56	+34
1950	2,79	1,93	+0,86	+45
1951	3,39	2,26	+1,13	+50
1952	3,86	2,50	+1,36	+54
1953	4,30	2,68	+1,62	+60
1954	4,67	2,92	+1,75	+60
1955	5,13	3,33	+1,80	+54
1956	5,50	3,70	+1,80	+49

Чтобы на более богатых почвах избежать заглушающего влияния многолетнего люпина на рост лесных культур в первые годы их жизни, люпин следует либо скашивать, либо вводить в междурядья несколько лет спустя после посадки лесных пород. Первый прием, открывающий возможность двухстороннего использования урожая зеленой массы люпина, несомненно более эффективен.

На бедных кислых подзолистых песчаных почвах многолетний люпин следует вводить одновременно с посадкой лесных культур и обязательно по фону извести и фосфорно-калийных удобрений, как это доказано опытами в Чехословакии (рис. 2).

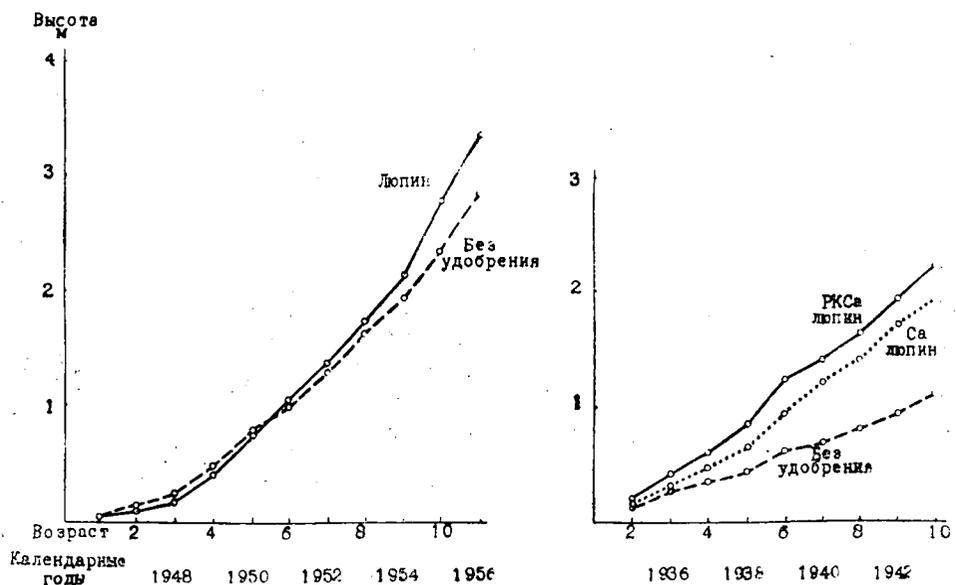


Рис. 2. Ход роста в высоту опытных культур сосны. Слева — на супесчаных почвах в Ивацевичском лесхозе БССР, а справа — на бедных подзолистых песчаных почвах в лесничестве Цеп в Чехословакии (по А. Немецу, 1950).

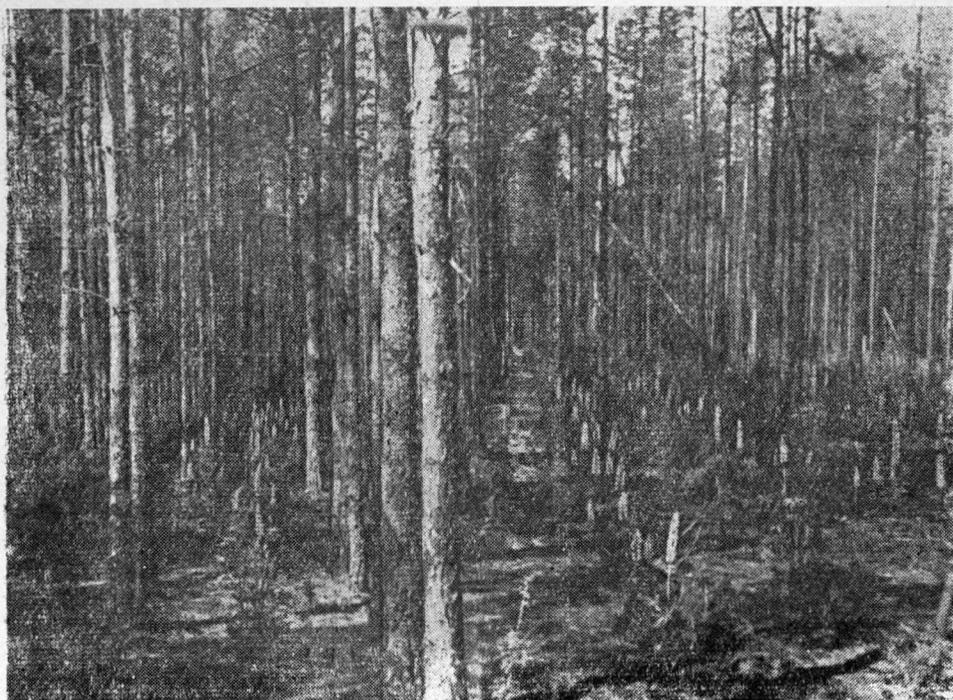


Рис. 3. Общий вид междурядной культуры многолетнего люпина на стационаре № 4 в Негорельском учебно-опытном лесхозе БЛТИ на второй год после посадки люпина под полог сосняка верескового в возрасте 41 года после прореживаний. Слева — секция низового прореживания с вырубкой деревьев V и IV классов продуктивности, с освещенностью после прореживания 30% от открытого места, справа — секция верхового прореживания с вырубкой I и II классов продуктивности и освещенностью 42%.

Для улучшения роста сосновых жердняков на бедных почвах многолетний люпин лучше всего вводить под их полог посадкой двухлетних сеянцев (рис. 3).

При культуре в междурядьях посадок лесных древесных пород кормового многолетнего люпина сорта «Белорусский», выведенного Я. Н. Свирским, люпиново-древесинные хозяйства не только позволят повысить выход высококачественной древесины с 1 га, сократить срок выращивания и снизить себестоимость древесины, но и дадут возможность одновременного использования кормового многолетнего люпина как для заготовки его семян (ежегодно по 3 ц/га), дефицитных в сельском хозяйстве, так и для использования в течение 3—7 лет, начиная с третьего года его жизни, однократных ежегодных укосов (после сбора семян) зеленой массы на силос, зеленый корм и сено.

При заготовительных ценах на семена многолетнего люпина 240 руб. за ц и сена 6 руб. 50 коп. за ц и таксовой стоимости обезличенной древесины сосны 11 руб. за 1 м<sup>3</sup>, доход от побочного использования люпина быстро окупит не только все расходы по возделыванию его междурядной культуры в лесном хозяйстве, но и может превысить доход от главного пользования древесиной.

Результаты наших и зарубежных опытов позволяют утверждать, что среди экономически доступных мероприятий по повышению продуктивности суходольных сосняков и ельников нечерноземной полосы на данном этапе развития науки и техники нет более перспективного, чем сопутствующая культура многолетнего люпина, особенно кормового.

Эта культура позволяет организовать комбинированные хозяйства по выращиванию люпина и древесины и обеспечивает получение не только скороспелой, но и высококачественной древесины, дефицитных семян многолетнего люпина и богатых белками кормов для развивающегося у нас животноводства. Вместе с тем она значительно повышает продуктивность лесов и их плодоношение, улучшает почвозащитные и водоохранные свойства леса, снижает себестоимость  $1 \text{ м}^3$  выращиваемой древесины, уменьшает возгораемость лесов, повреждаемость насекомыми и грибами, улучшает санитарно-гигиенические и эстетические свойства леса и резко повышает доход от лесного хозяйства. Таким образом, междурядная культура многолетнего люпина является одним из эффективных способов интенсификации лесохозяйственного производства и должна быть испытана в различных малолесных районах.

По авторитетному утверждению доктора сельскохозяйственных наук Ю. Н. Малыгина (1956) каждый колхоз, совхоз и лесхоз нечерноземной полосы, получив 1—2 ц семян многолетнего люпина, уже через 3—4 года сможет сеять его на сотнях гектаров и в дальнейшем иметь столько семян его, сколько будет необходимо. Высокий коэффициент размножения семян многолетнего люпина значительно облегчает быстрое его внедрение в сельское и лесное хозяйство. Министерству сельского хозяйства СССР необходимо возможно быстрее организовать семеноводство многолетнего люпина. Источниками получения его семян могли бы служить заросли дикого многолетнего люпина в лесах западных экономических районов, а также его посевы на полях опытных сельскохозяйственных станций, колхозов и совхозов многих районов СССР.

Учитывая, что заросли дикого многолетнего люпина представляют популяции, состоящие из растений, отличающихся огромным разнообразием по внешним признакам и по ряду важных биологических и хозяйственных свойств, необходимо организовать селекционный отбор и выведение новых сортов, наиболее отвечающих определенным почвенно-климатическим условиям: малоалкалоидных и безалкалоидных (кормовых), с возможно меньшей растрескиваемостью бобов и дружным созреванием семян, быстрым ростом и большой растительной массой, долговечных, с быстрым отрастанием после скашивания, с повышенным содержанием белков и масел, зимостойких, засухоустойчивых, теневыносливых, иммунных против мучнистой росы и т. п.

Очень важно перейти от оценки успехов лесного хозяйства, учитывающей рост площадей, занятых лесом, и степень приживаемости лесных культур, к комплексной оценке, принимающей во внимание рост урожаев с  $1 \text{ га}$  занятой лесом площади.

Лесоведам необходимо лучше знать биологию, экологию и агротехнику возделывания многолетнего люпина; желателен скорейшее опубликование монографии и ряда статей в научных и научно-популярных журналах, обобщающих опыт культуры люпина в лесу.

При широком испытании на люпиново-древесинных хозяйствах в производственных условиях с применением комплексной механизации всех производственных процессов безусловно возникнут предпосылки для создания законченной рациональной агротехники этой новой, исключительно перспективной культуры.

## ПРОБЛЕМА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ ПОЛЕССКОЙ НИЗМЕННОСТИ

С. Х. БУДЫКА

Доцент, кандидат технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Припятское Полесье расположено между городами Брестом, Могилевом, Киевом и Тернополем. Наиболее пониженная часть Полесья, включающая в себя почти весь бассейн р. Припяти и некоторые прилегающие земли, по существу и представляет собою Полесскую низменность. Она простирается на территории двух союзных республик — БССР и УССР и по данным Главного Управления мелиорации Министерства сельского хозяйства БССР составляет 13 192,8 тыс. га. Белорусская часть низменности занимает 6098 тыс. га, Украинская — 7094,8 тыс. га.

Особая взаимозависимость между различными физико-географическими факторами заставляет рассматривать Полесскую низменность как специфически обособленный естественно-исторический район.

Характерными чертами Полесской низменности являются: однообразный пониженный рельеф местности, нарушающийся возвышенными грядами, песчаными холмами, слабо приподнятыми равнинами; большое количество болот и заболоченных земель, занимающих около 40% всей площади; свыше 250 тыс. га развеваемых ветром песчаных почв с близким залеганием грунтовых вод.

Основной водной артерией низменности является река Припять. Ее длина более 800 км, общий уклон 0,00006, хотя на отдельных участках он равен 0,0001 и более. Речная сеть Припятского бассейна составляет 36 109,6 км, общее количество водотоков 3905. При площади водосбора р. Припяти 114 300 км<sup>2</sup> коэффициент густоты речной сети бассейна, по нашим определениям, составляет 0,32 км/км<sup>2</sup>.

Большое разнообразие почвообразующих факторов создает пестроту почвенного покрова низменности, хотя дерново-слабоподзоленные почвы на песках являются основными.

Благоприятный климат и разнообразие почвенно-гидрографических и геологических данных создали благоприятные условия для произрастания в Полесье до полутора десятков различных древесных пород. Основными являются сосна, дуб, береза, ольха, ель, осина, ясень, граб, бук, клен. Из кустарниковых можно отметить: лещину, бересклет, калину, рябину, смородину, черемуху.

Лесистость низменности в белорусской части равна 31,1%, в украинской — 26%, а всей низменности 29,1%. Около 70% общей площади лесного фонда относится к болотам и заболоченным лесным землям.

Таблица 1

Площади и запасы лесов Полесской низменности по преобладающим породам в БССР и УССР (в %)

Преобладающая порода	БССР		УССР	
	площадь	запас	площадь	запас
Сосна . . . . .	60,1	57,6	57,5	58,7
Ель . . . . .	2,6	4,5	0,3	0,6
Итого хвойных	62,7	62,1	57,8	59,3
Дуб . . . . .	8,2	12,6	14,9	18,8
Ясень . . . . .	0,2	0,3	0,4	0,3
Клен . . . . .	—	—	—	—
Граб . . . . .	0,4	0,5	3,7	3,3
Бук . . . . .	—	—	0,6	1,1
Итого твердолиственных . . . . .	8,8	13,4	19,6	23,5
Береза . . . . .	14,8	9,2	13,0	6,9
Осина . . . . .	0,9	1,0	1,7	1,7
Ольха . . . . .	12,7	14,2	7,8	9,5
Прочие мягколиственных	0,1	0,1	0,1	0,1
Итого мягколиственных . . . . .	28,5	24,5	22,6	18,2

Таблица 2

Возрастные группы лесов Полесской низменности в БССР и УССР (в %)

Возрастные группы	Б С С Р		У С С Р	
	площадь	запас	площадь	запас
Молодняки:				
I класса . . . . .	26,7	4,9	36,3	6,9
II „ . . . . .	21,6	15,4	22,3	19
Средне-возрастные . . . . .	26,9	34,8	22	33,9
Приспевающие . . . . .	15,8	27,8	12	23,9
Спелые и перестойные . . . . .	9	17,1	7,4	16,3

История изучения Полесской низменности имеет большую давность. Еще в 1870 году был поднят вопрос об использовании земельных угодий Полесья. С тех пор исследователи, в том числе и крупнейшие наши ученые, как, например, Докучаев и Карпинский, ставили перед собой цель дать теоретическую и научно-практическую основу для решения этой проблемы.

Первые работы по практическому освоению полесских болот начались в 1874 году, когда была организована Западная экспедиция по изысканиям и осушительным работам. Эта экспедиция, руководимая И. И. Жилинским, проработала двадцать пять лет. Проведенные ею

работы обогатили наш практический опыт по гидротехническим мелиорациям и использованию осушительных систем для лесосплава, а собранный материал способствовал развитию науки в области болотообразования, гидрологии, гидротехники и т. д.

В результате деятельности Западной экспедиции была создана возможность транспортирования древесины по сплаво-осушительным каналам и рекам на рынки Западной Европы. Это привело к хищнической эксплуатации лесов Полесья.

В условиях капитализма, однако, проблема осушения Полесья не была и не могла быть до конца решена. Лишь после Великой Октябрьской революции она, как имеющая важное и многостороннее народнохозяйственное значение, стала государственной проблемой. Уже с 1924 года начались в Полесье большие мелиоративные работы. К 1939 году здесь было осушено свыше 200 тыс. га болот. Но работы по комплексному освоению этого края и реконструкции водного режима не могли вестись, так как часть низменности входила в состав Польши.

Комплексное решение Полесской проблемы началось лишь в послевоенные годы. В соответствии с пятым пятилетним планом развития народного хозяйства СССР в Полесской низменности были проведены крупные работы по осушению болот. Директивами XX съезда КПСС предусмотрен еще больший размах этих работ в шестой пятилетке.

В качестве первого проектного этапа комплексного разрешения проблемы Полесья была разработана «Белгипроводхозом» с участием Академий наук БССР и УССР схема осушения и освоения земель этого края. Общая площадь болот и заболоченных земель, подлежащая осушению, составляет 4810 тыс. га. Одобренная правительственными органами этих республик и СССР схема является как бы генеральным планом развития производительных сил Полесской низменности.

В схеме предусмотрены интересы различных отраслей народного хозяйства: сельского хозяйства, водного транспорта, лесного хозяйства и лесной промышленности, рыбной промышленности, гидроэнергетики и др. Одним из главных мероприятий является коренная реконструкция водного режима р. Припяти и ее основных притоков, что отвечает интересам всех отраслей хозяйства.

В настоящее время многочисленные водные потоки низменности несут свои воды в Припять, которая, имея слишком малые уклоны, задерживает сброс воды до середины лета. Кроме того, замедление стока усиливается еще тем, что здесь имеет место сочетание действия полых и почвенно-грунтовых вод.

Образующиеся весной и осенью застои воды приводят к колоссальным разливам, достигающим 30 км и более. Затопляются сотни тысяч гектаров земли. Чтобы отрегулировать водный режим, на основных притоках Припяти предусмотрено построить 37 водохранилищ и 2100 прудов. Общий полезный объем водохранилищ и прудов составит 4,75 млрд. м<sup>3</sup>. Площадь зеркала водохранилищ при расчетных напорах 4—18 м составит 140 тыс. га, а площадь зеркала воды в прудах — около 100 тыс. га.

Водоохранилища и пруды задержат часть стока весенней поллой воды, резко уменьшат размеры и сократят сроки затопления земель в поймах рек. Воды, удерживаемые водохранилищами, будут использованы для получения гидроэлектроэнергии; поддержания необходимых транспортных глубин ниже водохранилищ, а также для орошения сельскохозяйственных земель.

Водоохранилища будут регулировать сток с водосборной площади, составляющей около 50% территории низменности.

При основных водохранилищах и прудах будут сооружены гидроэлектростанции общей мощностью около 60 тыс. квт. Чтобы использовать реки в качестве водоприемников и водных путей, намечается произвести регулирование их русел на протяжении 25 тыс. км. Намечены также большие дноуглубительные и руслоочистительные работы.

Наряду с успехами в практическом освоении болот Полесской низменности, проделана большая научная работа. Проведены многосторонние исследования почв Полесья, климата, болотообразования, геологического строения, растительного покрова, мелиоративного строительства и т. д.

Народнохозяйственная целесообразность широкого применения гидромелиораций лесных земель Полесья определяется: а) наличием обширных площадей заболоченных лесных земель; б) резким преобладанием в составе насаждений молодняков I и II класса возраста, которые лучше, чем другие возрасты, реагируют на гидромелиорацию; в) преобладанием сосновых насаждений, где гидромелиорации, как правило, дают большой эффект.

Автором настоящей статьи разработаны основы гидротехнических мелиораций лесных земель и лесотранспортного использования осушительных систем и малых рек Полесья.

Сочетание гидромелиорации лесных земель с лесотранспортом значительно повышает экономическую целесообразность гидротехнических мероприятий — оно приводит к быстрейшему возврату капиталовложений и позволяет комплексно решать вопросы выращивания леса и его эксплуатации.

Для достижения поставленной цели надо было:

1. Выявить основные естественно-исторические предпосылки осушения и освоения лесных болот, установить соотношения основных физико-географических факторов, рассматривая их во взаимосвязи. Этому вопросу в условиях Полесской низменности мы придаем особое значение, так как здесь больше, чем в других географических районах, следует искать связь между основными процессами и явлениями.

2. Обобщить результаты прошлых исследований и данные практики в области гидромелиорации лесных земель и выявить применимость их в Полесье.

3. Провести значительные дополнительные исследования в области гидромелиорации, лесогидрологии и регулирования стока малых рек и осушительных каналов.

4. Исследовать вопросы влияния подтоплений, образуемых предусмотренными схемой водохранилищами, на рост леса.

Исследования показали, что в Полесье климатические условия, специфические гидрогеологические особенности и спокойный рельеф, характеризующийся мелкими плоскими, часто замкнутыми понижениями, предопределили географическое размещение болотных и заболоченных земель, водность рек и густоту речной сети. Таким образом, болота, густота речной сети и водность рек являются следствием одних и тех же причин и должны рассматриваться без отрыва одного фактора от другого. Где физико-географические условия способствовали накоплению воды на определенной территории, там образовались болота. Но эти же условия не способствовали развитию речных систем. Следовательно, в тех водосборах Полесья, где больше болот, больше сток и меньше густота речной сети.

На примере шестнадцати бассейнов основных рек Полесской низменности выявлена тесная связь между распространением болот и густотой речной сети. Эта связь выражается уравнением регрессии:

$$y = -65x + 39,$$

где  $y$  — площадь, занятая болотами, в процентах,  
 $x$  — густота речной сети в км/км<sup>2</sup>.

Степень связи подтверждается коэффициентом корреляции  $r = -0,89$ . Из уравнения видно, что с увеличением густоты речной сети уменьшается заболоченность. При заболоченности, равной нулю, густота речной сети равна 0,6 км/км<sup>2</sup>.

Уравнение зависимости между коэффициентом густоты речной сети и среднегодовым стоком имеет следующий вид:

$$S = -2,72x + 4,72.$$

где  $S$  — среднегодовой модуль стока в л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Взаимосвязь между болотами, густотой речной сети и величиной среднегодового стока подтверждается также и корреляционной зависимостью, выражающейся уравнением:

$$S = 0,03y - 3,03x + 4,56.$$

Полученная связь отдельно для двух величин — для среднегодового стока (в л/сек с 1 км<sup>2</sup>) и площади, занятой болотами, имеет вид:

$$S = 0,04y + 3,41.$$

Говоря о влиянии болот на сток рек, следует различать две существенные стороны этого вопроса: во-первых, влияние болот как торфяной залежи с учетом всех водно-физических свойств торфа и, во-вторых, влияние физико-географических условий территории, на которой образовались болота. Особое внимание следует обратить на условия рельефа (гипсометрию местности) и на режим грунтовых вод окружающих земель. Сама по себе торфяная залежь влияет на сток всегда отрицательно, ибо торфяные залежи, имея ничтожно малую водоотдачу, испаряют влаги значительно больше, чем окружающие незаболоченные земли. Что же касается мест образования болот Полесья, то они характеризуются сложным сочетанием и взаимосвязью гидрогеологических, геологических, рельефных, климатических и других факторов.

При решении вопросов осушения Полесья следует учитывать три состояния воды в болоте: 1) воду, связанную со скелетом торфа и составляющую по весу 90—95% веса сухого вещества торфа; 2) свободную воду, находящуюся после снеготаяния, дождей и разливов в виде скоплений на поверхности торфа и 3) свободную воду, находящуюся под торфяной залежью вследствие гидрогеологических особенностей территории.

В Полесской низменности болота и заболоченные земли имеют три основных источника питания: весенние, а часто и осенние воды, вызывающие большие разливы и стекающие очень медленно, грунтовые воды, залегающие близко у поверхности песчаных почв, и атмосферные осадки. Все три вида питания болот в исторически сложившихся геологических, рельефно-почвенных и гидрографических условиях взаимосвязаны и в одинаковой степени существенны.

В Полесской низменности, где на больших пространствах почвы песчаные, а залегание уровня грунтовых вод близкое, наличие связи между грунтовыми водами и атмосферными осадками особенно очевидно. Здесь грунтовые воды очень чувствительны даже к небольшим колебаниям атмосферных осадков. Таким образом, осадки, оказывая влияние непосредственно на уровень грунтовых вод, тем самым активно участвуют в болотообразовательном процессе.

Исходя из комплексности естественных условий, нельзя изолированно решать вопросы мелиорации лесных земель, не касаясь других площадей, занимающих большие территории и нуждающихся в мелиорациях. Поэтому гидромелиоративные мероприятия, которые относятся ко всем землям, нуждающимся в них, рассматриваются нами комплексно для всей низменности в целом. Сюда в основном относим мероприятия по водоприемникам, по водопроводящей сети и другие. Гидромелиоративные же мероприятия, которые должны отвечать специфическим требованиям леса и лесохозяйственного производства, рассматриваются нами отдельно.

Наши наблюдения за происходящим процессом осушения болот в Полесской низменности и анализ литературных материалов по этому вопросу показали, что понижение уровня грунтовых вод на осушаемых лесных землях Полесья обеспечивается тремя путями: а) главным образом через осушительно-регулирующую систему путем отвода поверхностных вод; б) в меньшей степени — через отводящую систему путем отвода почвенно-грунтовых вод; в) испарением.

Следовательно, основное назначение осушительно-регулирующей сети на лесных землях Полесской низменности должно заключаться в том, чтобы перехватывать и отводить избыток влаги с поверхности и верхних горизонтов почвы. Отвод поверхностных вод незамедлительно оказывает влияние на уровень местных грунтовых вод.

Отводящая сеть, к которой мы относим реки, магистральные и собирательные каналы, помимо воды, поступающей в нее из регулирующей сети, должна отводить еще и свободные воды, находящиеся под торфяной залежью и перемещающиеся по уклону поверхности подстилающих грунтов.

Решающее значение для получения хороших результатов от осушения болот имеет тип торфа, степень его разложения и наличие в нем питательных веществ. В зависимости от этих факторов и породного состава насаждений норма осушения должна быть различная. В настоящее время на низинных и переходных болотах, как имеющих достаточно плодородные почвы, норму осушения для всех древесных пород (кроме черной ольхи) можно принимать 0,4—0,5 м.

На болотах верхового типа норма осушения должна зависеть от мощности сфагнового торфа. Она должна быть такой, чтобы среднелетний уровень грунтовых вод находился на 20—25 см ниже слоя сфагнового торфа. Предел нормы осушения в этом случае определяется глубиной корнеобитаемого слоя (ориентировочно принимаемый не более 0,9 м).

При наличии торфа сфагнового происхождения даже небольшой мощности (хотя бы до 0,5 м) осушение никаких результатов не дает, если среднелетний уровень грунтовых вод не опускается ниже слоя сфагнового торфа.

Чтобы дифференцированно подойти к решению вопросов гидромелиорации, оказалось целесообразным произвести разделение лесных болот Полесской низменности на 11 групп, а заболоченных земель на 4 группы. Признаком отнесения переувлажненных земель к той или иной группе являются растительные группировки, почвы, рельеф, характер увлажнения, однородность мелиоративного воздействия на них и ряд других факторов.

Подъем уровня грунтовых вод, вызываемый устройством плотин, помимо влияния на рост леса, приводит еще к грунтовому заболачиванию прилегающих земель. Это особенно наблюдается там, где зеркало грунтовых вод оказывается ближе чем на 1 м от поверхности земли.

Что же касается затоплений, то различные породы реагируют на них по-разному. Наиболее устойчивым при постоянном затоплении является дуб, затем осина, сосна, ольха черная, береза; наименее устойчива ель.

Полученные в результате наших натуральных и теоретических исследований в области мелиорации лесных земель данные о физико-географических условиях Полесья, установленные нами в зависимости между отдельными естественными факторами, и данные о состоянии лесов позволяют предложить принципиальную схему гидромелиоративных мероприятий, предусматривающую:

1. Оградительно-дренирующие каналы, которые устраиваются вокруг водохранилищ и прудов. Они должны перехватывать фильтрационные воды, идущие из водохранилища, и одновременно выполнять функции нагорных канав.

2. Общую основную осушительную сеть, включающую в себя реки всех порядков (которые должны быть расчищены и отрегулированы), магистральные, собирательные, нагорные, ловчие и тальвеговые каналы. Назначение основной осушительной сети — отводить поверхностные воды, поступающие в нее из осушительно-регулирующей сети, а также почвенно-грунтовые и свободные, воды, концентрирующиеся под торфяным слоем.

3. Регулирующую сеть, устраиваемую между основными осушительными каналами. Ее назначение — перехватывать и отводить воду с поверхности и из верхних почвенных горизонтов в основную осушительную сеть, а также повышать аэрацию почв, улучшать их температурный режим и условия концентрации почвенных растворов.

4. Плотины-шлюзы на магистральных каналах. Их назначение — поддерживать уровень грунтовых вод на определенных участках осушаемой площади, чтобы не произошло переосушки.

5. Плотины на реках и магистральных каналах — для регулирования стока в целях поддержания лесосплавных глубин.

6. Посадку деревьев вокруг водохранилищ и прудов.

Осуществление предлагаемой схемы гидромелиоративных мероприятий на лесных землях приведет:

а) к возможности расширения дубравного фонда в связи с мелиорациями низинных болот;

б) к значительному улучшению условий лесозаготовки (лесные массивы станут легко доступными для разработки и приобретут дешевые пути транспортирования древесины);

в) к приросту лесов, который в среднем увеличивается на 3 м<sup>3</sup> на 1 га в год, что в целом по низменности дает дополнительно свыше 7 млн. м<sup>3</sup> в год добавочной древесины улучшенного качества;

г) к улучшению естественного возобновления леса и условий для реконструкции состава насаждений;

д) к улучшению лесных сенокосов и пастбищ, повышению санитарно-гигиенических и эстетических условий Полесья.

## 14-ЛЕТНИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РУБОК В СОСНОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЛЕСОСТЕПИ

*П. Н. УШАТИН*

Доцент

(Воронежский лесотехнический институт)

Многолетний отечественный опыт и обширные научно-исследовательские работы в области рубок ухода позволили Главному управлению лесного хозяйства МСХ СССР разработать практическое наставление по рубкам ухода в лесах СССР. Это наставление заслуженно пользуется большим вниманием лесоводов. Однако необходимо отметить, что наставление дает рекомендации только для рубок ухода в одновозрастных высокополнотных лесах. Для насаждений же разновозрастных, расстроенных рубками, малоценных, с подростом главных пород, рекомендации по уходу в наставлениях отсутствуют. В то же время известно, что разновозрастные леса в СССР занимают площадь, далеко превосходящую площадь одновозрастных лесов. Горные леса Кавказа, Крыма, Карпат, Урала, Алтайского края, Дальнего Востока, Средней Азии, большие площади лесов Севера, Сибири представлены разновозрастными лесами.

Разновозрастные леса имеются и в центре Европейской части СССР, однако они при лесоустройстве инвентаризируются часто как одновозрастные, и методы хозяйства в них разрабатываются как для одновозрастных лесов.

В лесостепной и степной части СССР, особенно за период Отечественной войны 1941-1945 гг., образовались большие площади расстроенных или малоценных насаждений с подростом главных пород, в которых применение обычных рубок ухода неприемлемо, вследствие чего эти насаждения остаются вне пользования. Поэтому перед лесохозяйственной теорией и практикой стоит вопрос о необходимости разрешения в таких лесах рубок ухода и других выборочных рубок, отвечающих структуре и состоянию лесов, и издания соответствующих правил и наставлений.

В настоящей работе приводятся результаты опыта применения выборочных рубок в сосновых разновозрастных насаждениях за 14 лет (с 1943 по 1957 год) по материалам исследования на постоянных пробных площадях.

Целью исследования являлась разработка правил рубок и методика

расчета пользования на основе анализа хозяйства, а также определены степени эффективности рубок и их влияния на повышение продуктивности насаждений.

Первая часть исследования, а также подробная методика, опубликованы в научных записках ВЛТИ (том XV, 1956). Поэтому в настоящей работе приводятся результаты исследования только по второй части, то есть по эффективности рубок и их влиянию на повышение продуктивности. По своему содержанию рубки носят комплексный характер, поэтому в работе они так и названы.

Объектом исследования явились сосновые разновозрастные насаждения на площади 831 гектар в левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ. Лесничество полностью входит в зеленую зону г. Воронежа, то есть относится к лесам первой группы. По условиям местопроизрастания это типичное боровое лесничество центральной лесостепи, занимающее надлуговую террасу левобережья р. Воронежа и р. Усманки. Основной тип леса — зеленомошник (*Pin. hylocomiosum*). Рельеф представлен слабыми дюнными всхолмлениями с чередующимися впадинами и заболоченными понижениями. Почва — светлосерые свежие супеси.

Насаждения состоят из куртинных древостоев различных поколений — от молодых до спелых. Сосновый подрост имеется всюду, не только по прогалинам и просветам, но и под разреженным пологом. Часто сомкнутые группы средневозрастного, приспевающего и спелого леса чередуются с группами молодняка. Полог насаждений имеет ступенчатую структуру, средняя полнота 0,7, средний бонитет II, I.

Насаждения образовались на вырубках путем естественного возобновления от оставшихся отдельных деревьев и небольших куртин. Возобновление сосны шло периодическими «взрывами» через 5—7 лет, вследствие чего насаждения представлены стволами всех классов возраста от первого до седьмого.

Таблица 1

Возраст (лет)	Распределение насаждений по возрасту		
	Количество стволов на г	в м <sup>3</sup> /га	в %
20—40	2803	17,0	13
41—60	279	60,2	44
61—80	56	32,5	24
81—100	13	20,4	15
101—130	3	6,0	4
Итого	3154	136,1	100

Из табл. 1 видно, что насаждения хозяйства представлены разновозрастными древостоями с четырьмя поколениями. Первое — спелое и перестойное (в возрасте от 81 до 130 лет) — составляет по запасу 19%. Это поколение, являющееся материнским, представлено в насаждении отдельно стоящими деревьями или небольшими группами в три-четыре дерева. У большинства из них низкоущенные кроны и стволы дровяного качества. Каждое отдельно стоящее дерево окружено двумя-тремя поколениями.

Второе поколение — приспевающее (в возрасте от 61 до 80 лет) —

составляет по запасу 24%, часто встречается куртинами. Средний диаметр 32 см, средняя высота 20 м, стволы хорошо очищены от сучьев.

На третье поколение — средневозрастные насаждения (в возрасте от 41 до 60 лет) — приходится 44% запаса. Куртины этого поколения имеют полноту до 0,8, средний диаметр 18 см, среднюю высоту 15 м. В пологе — единичная примесь дуба, березы, осины.

Четвертое, молодое поколение, имеет наименьший запас — 13%, количество же стволов наибольшее — 90%. Это поколение обычно представлено куртинами как по прогалинам, так и под разреженным пологом. Величина куртин колеблется от 0,01 до 0,25 га по просветам и прогалинам и от 0,005 до 0,02 га — под разреженным пологом. Среднее количество стволов в куртинах 15 тыс. штук на гектаре, наибольшее — 80 тыс. штук. Высота насаждений в куртинах различна в зависимости от степени затенения их окружающим лесом. При сильном затенении высота — 1,5 м, на открытых прогалинах — 6,5 м. В зависимости от степени затенения материнским пологом и от густоты куртин, диаметр отдельных стволиков колеблется от 1 до 10 см. Чрезмерная густота в молодом поколении отрицательно влияет на его состояние и устойчивость. В 1949, 1951, 1953, 1956 годах молодое поколение было повреждено снеговалом.

Под разреженным пологом насаждений, а также в окнах, имеется до 10 тыс. штук на га благонадежного подроста в возрасте от 3 до 12 лет.

Окна и прогалинки, образовавшиеся в результате неправильных рубок в прошлом, задернели густым покровом из овсяницы овечьей и вейника. Таких окон и прогалинок в среднем имеется до 300 м<sup>2</sup> на гектаре.

Для исследования комплексных рубок в 1943 году в типичных разновозрастных насаждениях были заложены две пробные площади и проведены рубки на площади 10 га.

В 1948 году для более глубокого исследования в характерных насаждениях, различных по своей возрастной структуре, было заложено четыре постоянных пробных площади, занимающих 9,2 гектара.

На пробных площадях был произведен сплошной пересчет всех деревьев с диаметрами от 1 см с точностью до 1 см, и все стволы диаметром в 6 см и более были занумерованы. Всего занумеровано 5161 дерево.

С целью выяснения возрастной структуры насаждений и других таксационных элементов, был принят метод описания каждого дерева. Для этого на каждое занумерованное дерево составлялась карточка с описанием одиннадцати таксационных элементов: породы, диаметра на высоте груди, высоты, возраста ступени, класса роста, длины кроны, товарности, объема, среднего прироста, энергии роста и общего состояния (фауности).

Определение указанных таксационных элементов и составление карточек производилось одновременно с рубками на пробе в 1948 году. При рубках было взято 25% стволов, что дало возможность объективно подойти к определению возраста остальных деревьев на корне. В молодом поколении (до 40 лет) возраст почти всегда мог быть точно определен по мутовкам.

Выяснение возрастной структуры насаждений на пробных площадях обычным методом, принятым в таксации для разновозрастных насаждений, то есть путем моделей от ступени, в нашем случае неприемлемо. Основной причиной является строение древостоев, в которых в одной ступени могут быть представлены два-три поколения. Так, напри-

мер, на пробе № 2 ступень толщины 20 см имеет 21 дерево в возрасте от 45 до 90 лет.

Из вырубленных деревьев 148 были обмерены как модельные, а данные обмера обработаны общеизвестными методами. На всех пробных площадях был произведен учет самосева на ленточных пробных площадках размером до 300 м<sup>2</sup> на гектар.

В 1954 году, по истечении установленного пятилетнего срока повторяемости, вновь были произведены рубки и вторичный обмер всех пробных площадей и нанесены результаты обмеров на подеревные карточки. В 1955 году были обмерены контрольные пробные площади. На всех пробных площадях с 1943 по 1954 год велись наблюдения за годичным естественным отпадом.

Результаты рубок и обмеров деревьев на пробных площадях позволяют установить особенности строения разновозрастных насаждений, процессы формирования и развития леса как по отдельным поколениям, так и для всего насаждения.

Рубки можно охарактеризовать массой, взятой на пробных площадях в 1948 году:

Таблица 2

Возраст (лет)	Вырублено на гектаре		
	количество стволов	объем в м <sup>3</sup>	в %
20—40	716	3,0	16
41—60	37	5,3	28
61—80	7	4,5	24
81—100	3	5,9	32
Итого	763	18,7	100

Таблица показывает, что рубки носили комплексный характер. На одной площади сочетались все виды рубок ухода: осветление, прочистка, прореживание и проходные рубки. В спелом поколении два дерева были взяты в порядке санитарных рубок и одно — в целях осветления подроста. Таким образом, состав выбранной массы подтверждает комплексность рубок. При рубках применялся метод активного вмешательства в жизнь древостоя. Резкое улучшение условий среды для молодых деревьев являлось следствием уборки верхнего затеняющего полога или разреживания густых групп деревьев и вызывало, в свою очередь, повышение текущего прироста. В дальнейшем это ведет к развитию здоровых, устойчивых и высокопродуктивных насаждений.

При каждом приеме рубок выбиралось (по количеству деревьев) в молодых поколениях до 30%, в средневозрастных и приспевающих поколениях — до 20%, спелые и перестойные выбирались единично, оставлялись все здоровые деревья, желательные для хозяйства.

Резкое улучшение условий среды для развития отдельных деревьев положительно отразилось на общем росте и продуктивности насаждений. При сравнении средних таксационных элементов, полученных на пробных площадях в результате комплексных рубок за 1943, 1948, 1954 и 1955 годы, можно видеть значительное повышение продуктивности насаждений. Текущий прирост за 10 лет увеличился на 86%, средний прирост — на 22% (табл. 3).

Таблица 3

Средние таксационные элементы	Год обмера и производства рубок			Контрольные пробные площади обмера 1955 г.
	1943	1948	1954	
Средний возраст (лет) . . . . .	51	52	57	62
Запас на га в м <sup>3</sup> . . . . .	121	136	157	149
Увеличение запаса в % . . . . .	100	112	130	123
Вырублено при рубках в м <sup>3</sup> . . . . .	13,5	18,7	14,6	—
Естественный отпад в м <sup>3</sup> . . . . .	0,4	2,2	—	6,1
Средний прирост в м <sup>3</sup> . . . . .	2,3	2,6	2,8	2,4
Увеличение среднего прироста в % . . . . .	100	113	122	105
Текущий прирост в м <sup>3</sup> . . . . .	4,5	5,8	8,4	3,1
Увеличение текущего прироста в % . . . . .	100	129	186	—

Примечание: Состав насаждений 10С (ед. Д. Б. Ос).

Для одновозрастных насаждений увеличение текущего прироста при рубках ухода за 10 лет на 86% в литературе еще не отмечалось. Многочисленными исследованиями (М. Е. Ткаченко, А. В. Тюрин, Н. В. Георгиевский, В. В. Попов и др.) установлено, что в одновозрастных насаждениях увеличение текущего прироста за десятилетний период в результате рубок ухода возможно не свыше, чем на 15—20%.

Процент текущего прироста в разновозрастных насаждениях, пройденных комплексными рубками, к 1954 году достиг 5,3%, в то время как по опытным таблицам хода роста в одновозрастных насаждениях в этом возрасте он составляет только 3%.

По данным пробных площадей проф. И. М. Науменко в сосновых культурах того же лесничества текущий прирост составляет тоже 3%.

Рост продуктивности насаждений и резкое увеличение текущего прироста в разновозрастных насаждениях под влиянием комплексных рубок объясняется особенностью строения леса. Ступенчатое строение полога, сочетание различных по возрасту групп древостоев создает исключительно благоприятные условия для использования света, влаги, тепла, площади питания. Таким образом, в разновозрастном лесу среда для развития растительных организмов благоприятнее, чем в одновозрастных лесах.

На основе анализа моделей увеличение текущего прироста по высоте для молодых, средневозрастных и приспевающих поколений определилось в 180—238%.

Таблица 4

Возраст (лет)	Количество обмеренных моделей	Средняя высота в м	Средний годовой прирост в высоту в см		То же в %
			до производства рубок	после рубок	
35	17	7,3	14	25	180
40	27	8,0	10	21	210
45	4	9,2	12	24	200
50	7	12,6	13	31	238

Повышение текущего прироста по диаметру в этих древостоях варьирует в пределах 220—300%. Все эти данные подтверждают резкое

увеличение текущего прироста в разновозрастных насаждениях в результате комплексных рубок.

Выбранная за 10 лет масса составила 32 м<sup>3</sup> с гектара (см. табл. 3), или 123% от среднего прироста и 50% от текущего прироста. Это говорит о высокой интенсивности комплексных рубок.

Таким образом, благодаря интенсивному приросту при комплексных рубках, в разновозрастных насаждениях есть возможность получить с одного гектара значительно больше массы, чем в одновозрастных насаждениях.

По Институтскому, Сомовскому и Воронежскому лесхозам Усманского бора пользование от рубок ухода и санитарных рубок составляет лишь 23—39% от среднего прироста.

Таблица 5

Лесхозы	Отпуск леса на 1 га покрытой лесом площади от рубок ухода и санитарных в м <sup>3</sup>	Средний прирост по лесхозу в м <sup>3</sup> /га	Процент пользования от среднего прироста
Институтский учебно-опытный . . .	1,2	3,1	39
Сомовский . . . . .	0,7	3,1	23
Воронежский . . . . .	0,9	3,9	23

Такое низкое пользование объясняется тем, что лесоустройство, придерживаясь наставления по рубкам ухода, назначает рубки только в высокополнотных насаждениях, тогда как в Усманском бору, да и вообще в боровых массивах лесостепи, значительные площади занимают низкополнотные насаждения. В результате около половины насаждений остаются вне пользования.

Данный пример подтверждает преимущество разновозрастных насаждений, где в хозяйственный оборот включаются все участки, независимо от их полноты, а применяемые в них комплексные рубки значительно повышают продуктивность насаждений.

Для полного суждения о повышении продуктивности насаждений существенное значение имеет улучшение качества деревьев, что можно проследить до изменению товарности насаждений в результате рубок.

Для изучения данного вопроса были обработаны материалы обмеров на постоянной пробной площади № 1 (на четырех гектарах). Эти обмеры производились в 1943, 1948, 1954 и 1955 годах с делением деревьев на деловые, полуделовые и дровяные, с занесением обмеров на подеревные карточки, на которых отмечались также фаунтность и энергия роста. Все карточки группировались по отдельным поколениям, а в пределах их — по товарности. Полученные данные показывают, что масса деловой древесины за 10 лет увеличилась на 14%, масса же дровяной древесины уменьшилась на 15%, в то время как на контрольной пробной площади деловая древесина увеличилась всего лишь на 5%.

Наибольшее увеличение процента деловой древесины произошло в спелых и средневозрастных древостоях, где участие деловых деревьев увеличилось за 10 лет на 12—16%. Это объясняется тем, что в старом поколении были в первую очередь вырублены перестойные, фаунтные и дровяные деревья. В средневозрастном же поколении были вырублены

стволы полуделовые или дровяные, типа «волк», отдельно стоящие среди куртин подроста. Таким образом, можно сделать вывод, что комплексные выборочные рубки способствуют улучшению качества древостоев за счет выборки стволов низкой товарности, а также за счет улучшения среды для развития оставшихся деревьев.

Улучшение товарности насаждений обеспечивает также повышение выхода деловой древесины при производстве рубок, что в свою очередь вскрывает дополнительные резервы в получении деловых сортиментов. Так, например, при рубках 1943 года состав вырубленной древесины был таким: деловая — 37%, дровяная — 40%, вершины, хворост, сучья — 13%, отходы — 10%.

При повторных же рубках в 1954 году деловая древесина составляла уже 47%, дровяная — 33%, вершины, хворост, сучья — 9%, отходы — 11%.

Для суждения о продуктивности разновозрастных насаждений приобретает также большой интерес возрастная структура древостоев, то есть «эталон» насаждений, которые по своему строению должны отличаться наибольшей продуктивностью. Эти «эталон» должны служить примером для формирования высокопродуктивных насаждений. В нашем опыте имеются четыре постоянные пробные площади, заложенные в типичных насаждениях хозяйства и представленные различным по возрастной структуре строением. Данные о связи продуктивности и строения (табл. 6) показывают, что наиболее продуктивными являются насаждения средневозрастные, отличающиеся наибольшей энергией роста (проба № 2 и № 4). Наименее продуктивными оказались насаждения приспевающие и спелые, имеющие наименьшую энергию роста (проба № 3).

Таблица 6

№ пробных площадей	Возрастные поколения	Возраст (лет)	Распределение запаса в %	Текущий прирост в м <sup>3</sup>
1	Молодое . . . . .	21—40	14	6,8
	Средневозрастное . . . . .	41—60	48	
	Приспевающее . . . . .	61—80	28	
	Спелое . . . . .	81—120	10	
2	Молодое . . . . .	21—40	18	8,6
	Средневозрастное . . . . .	41—60	42	
	Приспевающее . . . . .	61—80	25	
	Спелое . . . . .	81—120	25	
3	Молодое . . . . .	21—40	10	4,5
	Средневозрастное . . . . .	41—60	16	
	Приспевающее . . . . .	61—80	41	
	Спелое . . . . .	81—120	33	
4	Молодое . . . . .	21—40	17	9,0
	Средневозрастное . . . . .	41—60	53	
	Приспевающее . . . . .	61—80	18	
	Спелое . . . . .	81—120	12	

Следовательно, для достижения наибольшей продуктивности насаждение в разновозрастном лесу должно формироваться по поколениям следующим образом (по запасу): молодое — 10—15%, средневозрастное — 40—45%, приспевающее — 20—25% и спелое — 20—25%.

Экономическую эффективность комплексных рубок можно также охарактеризовать экономическими показателями в денежном выражении: ежегодной доходностью с гектара лесопокрытой площади и сравнением производственной себестоимости кубометра древесины с его отпускной ценой.

В Учебно-опытном лесхозе ВЛТИ за 10 лет в результате комплексных рубок было вырублено в среднем по  $32,2 \text{ м}^3$  с  $1 \text{ га}$ ; их цена по таксам составила 384 руб. Следовательно, средний годовой лесной доход с гектара равняется 38,4 руб. Производственная себестоимость  $1 \text{ м}^3$  (обезличенного) составляет по данным Учебно-опытного лесхоза 13,9 руб., а отпускная цена  $1 \text{ м}^3$  полученной древесины — 23,2 руб. Таким образом чистый доход (прибыль от реализации  $1 \text{ м}^3$  древесины) оказывается равным 9,3 руб.

Полученные экономические показатели характеризуют высокую рентабельность комплексных рубок. Учебно-опытный лесхоз ВЛТИ, применяя указанные рубки, ежегодно получает 5 тыс. кубометров древесины и 50 тыс. рублей чистого дохода при размере ежегодного пользования до  $4 \text{ м}^3$  на гектар лесной площади.

Большой экономический эффект выборочных рубок в повышении продуктивности насаждений подтверждается также зарубежным опытом, что достаточно подробно осветили проф. Франтишек Папанек и Людмила Папанкова в журнале «Лесное хозяйство» № 3, 1957.

Все это дает полное основание рекомендовать комплексные рубки производству, а Главному управлению лесного хозяйства СССР следует узаконить их, разработав соответствующие наставления.

---

Поступила в редакцию  
25 ноября 1957 г.

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ТАКСАЦИЯ ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫХОДА СОРТИМЕНТОВ

**А. В. ВАГИН**

Инженер

(Московский лесотехнический институт)

Основным пособием при промышленной таксации лесосек, согласно действующей инструкции, служат сортиментные таблицы. Однако нетрудно заметить, что отображенным в таблицах выходам лесных материалов соответствует лишь какой-то один вариант разделки стволов определенных размеров. Другими словами, таблицы подчиняют выход лесоматериалов некоторому сортиментному заданию.

Вполне вероятно, что в лесфонде отдельных леспромхозов выходы сортиментов, рассчитанные по таблицам, не будут соответствовать той пропорции, которая предусмотрена планом. Между тем, в ином варианте разделки, можно получить сортименты в соотношении, близком к заданному. Возможны и такие случаи, когда предприятию установлено задание на сортименты, которые вовсе не отражены в таблицах.

Отмеченные недостатки сортиментных таблиц заставляют работников ряда леспромхозов прибегать к другим методам сортиментации леса: либо использовать таблицы объема и сбega, либо проводить таксацию по модельным деревьям, либо, наконец, вести расчет выхода сортиментов на основании каких-то своих местных обобщений о закономерностях в выходе лесной продукции по опыту разработки лесосек в предыдущие годы. В отличие от метода сортиментных таблиц все эти способы сортиментации очень трудоемки и требуют высокой квалификации от исполнителя работ. Кроме этого, результаты таксации, проведенной такими способами, не всегда имеют достаточную точность. Поэтому естественно, что практика требует более совершенного метода сортиментации леса на корню. Такая потребность обуславливается еще и тем, что леспромхозы переходят на заготовку небольшого числа сортиментов на каждом отдельном предприятии. Очевидно, у каждого леспромхоза будет свое специфическое сортиментное задание.

В своих попытках разработать новый метод сортиментной оценки леса мы стремимся, сохранив простоту и компактность метода сортиментных таблиц, сделать его таким, чтобы он охватывал все возможные варианты разделки и отражал выходы большинства сортиментов во всех возможных сочетаниях.

Такие условия выполнимы, но для этого необходимо отказаться от принятия какого-либо заранее предвзятого соотношения между выходами отдельных сортиментов, имея в виду, что предусмотреть все возможные соотношения нельзя и что большинство сортиментов по своим размерам и качеству древесины в той или иной мере взаимозаменяемо. Вместо этого для стволов определенных размеров и качества следует установить максимально возможные выходы каждого сортимента в отдельности. Иными словами, необходимо установить те предельные объемы частей ствола, которые могут быть использованы на отдельно взятый сортимент.

При сортиментной оценке лесосек по максимально возможным выходам каждого сортимента в отдельности можно предусмотреть разнообразные соотношения в выходах интересующих нас лесоматериалов (конечно, в пределах максимального выхода общего количества деловой древесины) и, следовательно, выявить возможность получения из отведенного лесфонда заданных сортиментов в пропорции, предусмотренной плановым заданием. Максимальные выходы сортиментов будут являться своеобразными показателями взаимозаменяемости сортиментов, будут концентрированным содержанием множества сортиментных таблиц, составленных по отдельным вариантам раскряжевки стволов.

На необходимость установления показателей взаимозаменяемости сортиментов и использование их при сортиментной оценке леса указал проф. Анучин (Н. П. Анучин, 1952), рекомендуя «путем пробных сортировок деловой древесины на складах для отдельных лесорастительных районов установить особые качественные коэффициенты, характеризующие выход отдельных сортиментов».

В. М. Иванюта, на основании обширных исследований лесов Европейского севера СССР, установил качественные коэффициенты для сортиментов, заготавливаемых из хвойных пород (В. М. Иванюта, 1956). Коэффициенты В. М. Иванюты определены совместно для сосны и ели, совокупно по всем бонитетам и возрастным группам древостоев и могут быть использованы в сортиментной оценке леса при укрупненных расчетах (товаризация сырьевых баз, сырьевых ресурсов крупных лесных массивов).

Мы, в свою очередь, считаем, что для сортиментной оценки лесосек необходимо устанавливать коэффициенты взаимозаменяемости не путем сортировок заготовленной древесины на складах, а выявлением товарности леса на корню. Определение этих коэффициентов следует вести дифференцированно по породам с учетом таксационных показателей древостоев и применительно к первоначальным единицам учета леса на корню — ступеням толщины.

Максимальные выходы каждого сортимента в отдельности из хлыстов определенных ступеней толщины, выраженные в долях от объема ствола без коры, будут являться коэффициентами выхода сортимента, наиболее приемлемыми при промышленной таксации лесосек.

При проведении исследовательской работы по выявлению влияния возраста древостоев на их сортиментный состав коэффициенты выхода были установлены нами для ельников Костромской области. Работа выполнена на кафедре лесной таксации Московского лесотехнического института под руководством проф. Н. П. Анучина.

Исследование проведено в наиболее распространенном типе леса — ельнике-черничнике (бонитет II, 5; полнота 0,6—0,7).

В лесосырьевой базе Октябрьского леспрохоза треста «Костроматранлес» в лесосечном фонде 1953—1955 годов было заложено и сплошь разработано 28 пробных площадей. Насаждения представляли

один естественный ряд с возрастaми от 60 до 160 лет. Общая площадь пробных площадей составляла 54,8 га, суммарный запас 16 230 м<sup>3</sup>, число стволов на пробах — 28 956 штук. Принадлежность исследованных насаждений к одному естественному ряду была установлена путем анализа стволов 133 модельных деревьев, произраставших на пробных площадях и наибольших по своей высоте.

Разработка пробных площадей показала, что целый ряд факторов, обуславливающих выход сортиментов, имеет определенные закономерные изменения в период жизни древостоя и что имеется необходимость установления для каждого возраста своих показателей выхода сортиментов из стволов отдельных ступеней толщины. В частности, было выявлено следующее:

1) при увеличении возраста древостоя повышается разряд высот деревьев, причем это повышение составляет 0,3 амплитуды разряда за один класс возраста;

2) коэффициенты формы стволов по ступеням толщины систематически уменьшаются на 0,003 при повышении возраста древостоя на один класс;

3) степень распространенности ряда главнейших пороков древесины на стволах ели находится в линейной зависимости от возраста древостоя:

Таблица 1

Возраст древостоя (в годах)	Статистическая величина	Процент распространенности порока в древесине					
		напенная гниль	стволовая гниль	внутренняя красина	косостой	закоме-лиственность	кривизна
60	M	3,8	4,8	3,0	7,4	15,4	15,6
	σ	1,9	0,5	0,7	1,0	2,0	2,8
80	M	10,1	5,9	6,0	9,6	17,2	14,2
	σ	0,95	0,56	0,8	1,05	2,8	2,4
100	M	16,5	7,0	9,0	11,8	19,1	12,8
	σ	0,75	0,62	1,0	1,15	2,40	2,0
120	M	23,2	8,1	12,0	14,0	20,9	11,4
	σ	1,15	0,68	1,20	1,50	2,50	1,60
140	M	29,8	9,2	15,0	16,2	22,80	10,0
	σ	2,15	0,74	1,60	1,90	2,50	1,20
160	M	37,8	10,3	18,0	18,4	24,6	8,60
	σ	4,0	0,80	2,10	2,90	2,30	0,80

На основании выявленных закономерностей влияния возраста древостоя на факторы, обуславливающие выход сортиментов, используя таблицы объема и сбега (таблицы «Союзлеспрома», 1931) для каждого класса возраста, мы рассчитали по ступеням толщины максимальные выходы в процентах от объема ствола без коры для 10 важнейших сортиментов. Сначала по таблицам объема и сбега в каждой ступени соответственно разряду высот для определенного возраста определялись исходные объемы сортиментов ( $V_{исх}$ ), то есть те максимально возможные объемы долей ствола в кубометрах, которые пригодны для получения определенных сортиментов только по своим размерам. Затем, пользуясь результатами изучения распространенности, степени поражения и расположения пороков в стволе, мы рассчитывали величину снижения исходных объемов, обусловленную наличием пороков ( $V_{сниж}$ ).

Максимальные выходы сортиментов ( $V_{\text{макс}}$ ) определялись по формуле:

$$V_{\text{макс}} = V_{\text{исх}} - V_{\text{сниж}}$$

и переводились затем в проценты от объема ствола без коры.

Независимо от этого, максимальные выходы нами устанавливались и другим путем: непосредственно при раскряжке стволов мы определяли максимально возможное число отрезков, пригодных на каждый отдельно взятый сортимент, с указанием длины и диаметра в верхнем отрубе. По ГОСТу 2708-44 определялся объем сортимента в кубометрах и переводился в проценты от объема ствола. Для отдельных ступеней толщины хлыстов, по результатам ряда наблюдений, был вычислен среднеарифметический процент максимального выхода каждого сортимента.

Проценты максимального выхода большинства сортиментов, рассчитанные описанными способами, оказались весьма близкими по своей величине. Исключение составили выходы рудстойки, балансов и жердей, то есть тех сортиментов, которые заготавливаются из вершинной части хлыстов. Для них проценты максимального выхода, установленные вторым способом, как правило, оказывались на 3—4% меньше соответствующих величин выходов, установленных первым способом. Это отнюдь не означает, что один из методов неправилен или несовершенен. Дело в том, что ГОСТом 2708-44 занижен объем заготовленных из вершин хлыстов сортиментов из-за большой сбежистости верхней части ствола.

Проценты максимального выхода сортиментов из древостоев разных возрастов, но в одинаковых ступенях толщины, оказались не равны по своей величине. Как и следовало ожидать, величина снижения выхода за счет пороков увеличивается по мере повышения возраста. Это заставляет для каждого возраста составлять отдельные таблицы максимальных выходов. В таблицах выходы выражены не в процентах, а в долях от объема ствола без коры, которые мы назвали коэффициентами максимального выхода сортиментов. В качестве примера в табл. 2 приводятся коэффициенты, установленные для древостоев 100-летнего возраста.

Таблица 2

Ступени толщины в см	Коэффициенты максимального выхода сортиментов из деловых стволов (в долях от объема ствола без коры)										
	шпальник	судострой-лес	пиловочник	столбы связи	стройлес	тарник	балансы	рудстойка	подтоварник	жерди	вся деловая древесина
8	—	—	—	—	—	—	0,18	0,58	—	0,85	0,85
12	—	—	—	—	—	0,46	0,75	0,81	0,73	0,89	0,89
16	—	—	—	—	0,63	0,77	0,87	0,87	0,85	0,44	0,91
20	—	—	0,68	0,67	0,78	0,88	0,94	0,93	0,54	0,23	0,94
24	—	0,40	0,84	0,82	0,88	0,94	0,96	0,94	0,20	0,13	0,96
28	0,19	0,50	0,89	0,87	0,91	0,95	0,96	0,95	0,09	0,02	0,97
32	0,56	0,61	0,91	0,90	0,92	0,95	0,63	0,73	—	—	0,97
36	0,67	0,57	0,93	0,92	0,93	0,96	0,42	0,52	—	—	0,97
40	0,75	0,59	0,94	0,78	0,94	0,97	0,27	0,34	—	—	0,97
44	0,84	0,61	0,95	0,71	0,94	0,97	0,21	0,25	—	—	0,97
48	0,85	0,32	0,96	0,62	0,95	0,97	0,17	0,21	—	—	0,97
52	0,86	0,63	0,96	0,46	0,95	0,97	0,12	0,19	—	—	0,97
56	0,86	0,63	0,96	0,40	0,95	0,97	0,09	0,17	—	—	0,98
60	0,86	0,64	0,96	0,34	0,95	0,98	0,07	0,15	—	—	0,98

Коэффициенты максимального выхода каждого сортимента рассчитаны нами с учетом категорий крупности древесины, но в табл. 2, ввиду краткости статьи, приведены лишь суммарные выходы по всем категориям.

Для каждой ступени толщины коэффициенты поставлены в определенной последовательности, по мере убывания минимально допустимого диаметра в верхнем отрезе сортимента.

Для сортиментной оценки лесосек с помощью коэффициентов максимального выхода сортиментов необходим перечень деревьев на лесосеках. Расчет выхода сортиментов проводится по следующей формуле:

$$V_{\text{сорт}} = M \left( K_{\text{сорт}} - \frac{V_{\text{пред. сорт}}}{M} \right)$$

- где:  $V_{\text{сорт}}$  — выход заданного сортимента в  $\text{м}^3$ ;  
 $M$  — запас стволовой массы деловых деревьев в ступени толщины без коры в  $\text{м}^3$ ;  
 $K_{\text{сорт}}$  — коэффициент максимального выхода заданного сортимента;  
 $V_{\text{пред. сорт}}$  — выход других сортиментов, предшествующих заданному, согласно последовательности, принятой таблицей коэффициентов, в  $\text{м}^3$ .

**Пример.** На лесосеке в столетнем ельнике II, 5 бонитета в ступени толщины 28 см насчитывалось 1000 деловых стволов. Разряд высот, соответствующий этому возрасту, оказался III. Согласно сортиментным таблицам (объемная часть) запас древесины без коры в этой ступени составляет  $600 \text{ м}^3$ . Сортиментным заданием предусмотрено получение в первую очередь шпальника, затем пиловочника и, наконец, балансов. Какие же выходы можно ожидать при разработке этих  $600 \text{ м}^3$ ?

Из табл. 2 видно, что  $K_{\text{шп}} = 0,19$ , значит максимальный выход шпальников будет  $V_{\text{шп}} = M \cdot K_{\text{шп}} = 600 \cdot 0,19 = 114 \text{ м}^3$ . Расчету выхода шпальника не предшествовал расчет других сортиментов, поэтому в формуле второй член множителя, заключенного в скобки, равен нулю. Большого выхода шпальника ожидать нельзя.

Максимальный выход пиловочника ( $K_{\text{пил}} = 0,89$ ) был бы равен  $600 \times 0,89 = 534 \text{ м}^3$ , если бы не заготавлился шпальник. Но так как предполагается заготовить  $114 \text{ м}^3$  шпальника, то выход пиловочника составит только:

$$V_{\text{пил}} = M \left( K_{\text{пил}} - \frac{V_{\text{шп}}}{M} \right) = 600 \left( 0,89 - \frac{114}{600} \right) = 420 \text{ м}^3.$$

Максимальный выход балансов ( $K_{\text{бал}} = 0,96$ ) был бы равен  $600 \times 0,96 = 576 \text{ м}^3$ , если бы не заготавлился шпальник и пиловочник. Но если заготавливаются  $114 \text{ м}^3$  шпальника и  $420 \text{ м}^3$  пиловочника, то выход балансов будет равен:

$$V_{\text{бал}} = M \left( K_{\text{бал}} - \frac{V_{\text{шп}} + V_{\text{пил}}}{M} \right) = 600 \left( 0,96 - \frac{114 + 420}{600} \right) = 42 \text{ м}^3.$$

Получить выход шпальника больше, чем  $114 \text{ м}^3$ , из стволов в этой ступени толщины невозможно.

Выход пиловочника может быть увеличен до  $534 \text{ м}^3$ , если отказаться от заготовки шпальника, а выход балансов до  $576 \text{ м}^3$ , если не заготавливать пиловочник и шпальник.

Общий выход этих трех заданных сортиментов составляет  $576 \text{ м}^3$ , а максимально возможный выход деловой древесины, согласно табл. 2,

достигает  $600 \times 0,97 = 582 \text{ м}^3$ . Дополнительно к шпальнику, пиловочнику и балансам, при рациональной разделке можно из верхних частей стволов заготовить  $6 \text{ м}^3$  рудстойки и жердей, чтобы не допустить перевода деловой древесины в дрова.

Рассчитывая выходы балансов и рудстойки из стволов толщиной в 32 см и более, в формуле вместо  $K_{\text{рудст}}$  и  $K_{\text{бал}}$  следует брать  $K_{\text{деловой}}$ .

Одновременно с установлением максимальных выходов сортиментов мы провели исследование их изменчивости. Оказалось, что в пределах однородных древостоев (одинаковый бонитет, один и тот же класс возраста) варьирование максимальных выходов, выраженных относительной величиной (долями объема ствола без коры) происходит в гораздо меньшей степени, нежели варьирование максимальных выходов, выраженных в кубометрах. Величина среднеарифметического отклонения у коэффициентов  $K$  для всех сортиментов, кроме судостроительных бревен, в пределах ступеней толщины не превышает 8—9% величины самого коэффициента. Исключение представляют те ступени толщины, в которых коэффициенты  $K$  являются минимальными по своей величине: в таких ступенях варьирование может достигать 25—30% средней величины коэффициента  $K$ .

В то же время варьирование максимальных выходов, выраженных в кубометрах, почти во всех случаях характеризуется коэффициентами вариации, равными 25—30% и выше. Это обстоятельство говорит о том, что для установления максимальных выходов, выраженных относительной величиной (в процентах или коэффициентах), требуется значительно меньшее число наблюдений, нежели для установления выхода в кубометрах. Следует заметить, что варьирование коэффициентов максимального выхода несколько увеличивается (на 1,5—2%) с возрастом древостоя. Выявленная изменчивость коэффициентов выхода позволяет рассчитать число подлежащих исследованию стволов, необходимое для установления среднеарифметических значений коэффициентов максимального выхода по каждой отдельно взятой ступени толщины с заданной точностью.

Таблица 3

Величина коэффициента $K$	Число стволов в ступенях толщины, необходимое для исследования при расчете выхода сортиментов								
	пиловочник	стройлес	столбы связи	шпальник	судостройлес	рудстойка	баланси	тарник	подтоварник и жерди
Менее 0,60	30	45	45	45	80	30	28	28	50
Более 0,60	20	25	25	25	—	20	17	17	25

В табл. 3 приводится число хлыстов, достаточное для определения средних значений коэффициентов  $K$  по сортиментам с точностью до 2% при вероятности 0,800 для ступеней, имеющих  $K > 0,60$ , а также для получения средних значений коэффициента  $K$  с точностью до 5%, при той же вероятности 0,800 для ступеней, имеющих  $K < 0,60$ .

На лесозаготовительных предприятиях, где ежедневно разделяется большое количество хлыстов, представляется возможность определить коэффициенты максимального выхода каждого сортимента, применительные к местным условиям произрастания древостоев, и по найденным коэффициентам проводить промышленную таксацию отводимого в рубку лесосечного фонда.

По мере накопления местных материалов будет целесообразно проведение анализа и обобщения их. Не исключена возможность установления всеобщих коэффициентов максимального выхода сортиментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

Н. П. А н у ч и н. Лесная таксация, Гослесбумиздат, 1952. В. М. И в а н ю т а. Взаимозаменяемость сортиментов в промышленной таксации леса. «Лесное хозяйство» № 3, 1956. Союзлеспром. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельколхозгиз, 1931.

Поступила в редакцию  
6 января 1958 г.

## ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В РАБОТЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**И. В. ВОРОНИН**

Доцент

**В. М. ПОПОВ**

Инженер

(Воронежский лесотехнический институт)

Одной из отличительных особенностей леса является многообразие и разнохарактерность полезного эффекта, получаемого от его использования в народном хозяйстве.

Однако методика учета этого разнообразного эффекта разработана еще недостаточно, и в силу этого, предприятия лесного хозяйства очень часто не могут выразить в обобщенных показателях ни общую продуктивность гектара площади земли, занятой под лесохозяйственное производство, ни общий положительный эффект, создаваемый для народного хозяйства данным предприятием. Такое положение затрудняет определение рентабельности лесохозяйственного производства, тормозит внедрение хозрасчета и создает некоторую неуверенность в целесообразности тех или иных затрат и расходов.

Даже специализированные лесохозяйственные предприятия, какими являются участки живой защиты на железных дорогах, не имеют показателя, обобщающего положительный эффект, создаваемый лесными полосами в работе железнодорожного транспорта.

Кафедрой экономики лесного хозяйства Воронежского лесотехнического института сделана попытка определить положительный эффект, создаваемый лесными защитными полосами в работе Юго-восточной железной дороги, и выразить его в обобщенных показателях.

Исследования в этом направлении дали возможность установить большое и разнообразное положительное влияние лесных защитных полос на Юго-восточной железной дороге, которое проявляется в следующем:

- 1) в защите железнодорожного пути от снежных заносов;
- 2) в защите железнодорожного пути от заноса песком;
- 3) в защите железнодорожного полотна от волнобоя;
- 4) в уменьшении сопротивления движению поездов благодаря защите от ветра;

- 5) в уменьшении выдувания балласта на защищенных участках;
- 6) в защите путей от селевых потоков;
- 7) в получении прироста древесины с лесной площади;
- 8) в уменьшении числа случаев повреждения линий связи и
- 9) в создании более благоприятных условий труда для ремонтных рабочих зимой.

Для определения положительного эффекта от действия лесных защитных полос на Юго-восточной железной дороге были изучены условия расположения дороги и лесных полос и обработаны отчетные данные отдельных дистанций за несколько лет.

*Защита пути от снежных заносов.* Юго-восточная дорога по степени заносимости снегом относится к дорогам третьей группы и занимает шестнадцатое место среди дорог СССР. По средним данным за десять лет ежегодное число дней с метелями составляет всего девятнадцать.

Общая протяженность дороги, требующая защиты от снега, составляет 2479 км.

Из основных средств борьбы со снежными заносами на 1 января 1954 года на дороге применялись постоянные заборы на протяжении 52 км, переносные щиты на протяжении 687 км и снегосборные лесные полосы на протяжении 1740 км.

Приводим затраты на защиту 1 км пути при различных видах борьбы со снежными заносами.

Таблица 1

Ежегодные затраты на 1 км пути при различных видах защиты от снега

Показатели	Виды защиты		
	постоянные заборы	переносные щиты	лесные полосы
Капиталовложения на устройство 1 км защиты в руб. . . . .	47 940	16 540	20 000
Срок амортизации, лет . . . . .	15	10	40
Ежегодные затраты на содержание и ремонт в руб. . . . .	5 764	3 755	800
Всего ежегодных затрат с учетом амортизации в руб. . . . .	8 960	5 409	1 300
То же в % . . . . .	679	415	100
Разница в ежегодных затратах по сравнению с затратами на лесные полосы в руб. . . . .	+7 660	+4 109	

Из табл. 1 видно, что применение лесных полос для защиты пути от снежных заносов сокращает ежегодные затраты на 1 км пути на Юго-восточной железной дороге на 4109 рублей по сравнению с переносными щитами и на 7660 рублей по сравнению с постоянными заборами. Всего на железной дороге имеется 8306 га снегосборных полос; из них полностью работающих полос, обеспечивающих защиту пути в течение всей зимы на протяжении 1330 км — 6222 га, и частично работающих, то есть обеспечивающих защиту 410 км пути до половины зимы, — 2082 га.

Приняв, что полностью работающие лесные полосы снижают затраты на 1 км пути на 4109 рублей и частично работающие — на 1104 рубля, легко определить, что ежегодно общая сумма затрат на защиту дороги от снега лесными полосами только против затрат на защиту переносными щитами ниже на 5917 600 рублей.

Замена имеющихся 52 км постоянных заборов и переносных щитов на протяжении 687 км лесными снегосборными полосами позволит через пять лет сократить ежегодные затраты на защиту от снежных заносов на этих участках дороги на 3 221 000 рублей. При затратах на выращивание лесных полос в течение пяти лет на 1 км пути 20 000 рублей, общий объем капитальных затрат на это выразится в 24 800 000 рублей, которые будут возвращены через восемь лет после вступления лесных полос в строй.

*Защита путей от заноса песком.* В отношении заноса песком Юго-восточная железная дорога находится в сравнительно благоприятных условиях: только 25 км пути подвержены песчаным заносам, из них 11 км на перегоне Бадеево — Лиски защищены лесными полосами. Для исследований нами взяты два участка: перегон Бадеево — Лиски и участок «Пост 272» на ветке «Песчаный карьер», 4-й, 5-й, 6-й и 7-й километры. Эти два участка находятся в равных условиях по почвам, выпадению осадков, действию ветров и профилю пути, но затраты на их эксплуатацию различны.

На перегоне Бадеево — Лиски путь защищен лесными полосами и от заносов песком не страдает, а следовательно, не требует никаких затрат на защиту. На открытых же участках — километры 4-й, 5-й, 6-й и 7-й ветки — путь систематически заносится песком, и здесь требуется, помимо выставления щитов, очистка пути от песка вручную.

По данным Лискинской дистанции пути, расходы на очистку 1 км пути от заноса песком в дни сильных ветров составляют от 500 до 700 рублей в день. Дней с ветрами выше 10 м в секунду в весенне-летний период бывает от тридцати до сорока. Таким образом, ежегодно на защиту от песка километра пути затрачивается в среднем 21 000 рублей.

При таких внушительных затратах даже небольшое количество лесных полос — на протяжении 11 км — дает железной дороге положительный эффект, — экономия в сумме 231 000 рублей.

*Защита полотна дороги от волнобоя.* Воды весеннего разлива наносят серьезное повреждение железнодорожному пути. В 1953 году на защиту от волнобоя было истрачено более 200 000 рублей.

На протяжении 80 км существующие лесные полосы выполняют функции защиты полотна от волнобоя. Использование на дороге в течение многих лет различных средств в борьбе с волнобоем дает возможность сравнить экономическую эффективность лесных полос и применяемой защиты путем укрепления насыпи камнем или сплошной одерновкой.

Таблица 2.

Ежегодные затраты на 1 км пути при различных видах защиты от волнобоя

Показатели	Мощение откосов камнем меловой породы	Сплошная одерновка откосов	Лесные полосы
Затраты на устройство защиты на 1 км в руб. . . . .	43 300	40 750	9 500
Срок амортизации, лет . . . . .	5	5	30
Ежегодные затраты:			
на защиту 1 км в руб. . . . .	8 660	8 150	314
на содержание 1 км в руб. . . . .	—	—	300
Разница в ежегодных затратах по сравнению с затратами на лесные полосы . . . . .	+8 046	+7 536	614

Как видно из таблицы, положительный эффект, получаемый дорогой от действующих на протяжении 80 км волнобойных лесных полос, может быть определен округленно в 602 000 рублей.

*Защита проходящих поездов от ветра.* Специальные наблюдения по этому вопросу были проведены при участии инструктора-машиниста Я. Г. Хижника. Для сравнения были выбраны два перегона, находящиеся в равных условиях по профилю пути и направлению к действующим ветрам. Перегон Беев — Кабиничи, протяженностью 15 км, полностью защищен лесными полосами, а перегон Абазовка — Супруновка, протяженностью в 14 км, защиты из лесных полос не имеет. На этих перегонах и велись наблюдения над влиянием лесных полос на скорость движения поездов и на расход топлива.

Таблица 3

## Скорость движения поездов

Дата наблюдения	Сила ветра в м/сек	№ поезда	Вес поезда в т	Участок с лесными полосами			Участок без лесных полос		
				время по графику в мин.	фактич. затрачено в мин.	опоздание в мин.	время по графику в мин.	фактич. затрачено в мин.	опоздание в мин.
7/V-54 г.	11	694	2200	15	16	1	16	30	14
18/V-54 г.	14	711	2000	16	15	Нет	17	28	11
22/V-54 г.	12	680	1800	15	15	Нет	16	31	15

Таблица 4

## Расход топлива — угля

Дата наблюдения	Сила ветра в м/сек	№ поезда	Вес поезда в т	Участок с лесными полосами		Участок без лесных полос		Экономия угля на участке с полосами на 1 км в кг
				всего израсходовано угля в кг	израсходовано на 1 км в кг	всего израсходовано в кг	израсходовано на 1 км в кг	
7/V-54 г.	11	694	2200	342	23	456	32	9
8/V-54 г.	14	711	2000	305	21	391	28	7
22/V-54 г.	12	680	1800	290	19	393	28	9

Из приведенных таблиц видно, что лесные полосы благоприятно действуют на движение поездов, устраняют нарушение графика и дают экономию топлива по каждому поезду от 7 до 9 кг угля на километр защищенного пути.

На Юго-восточной дороге ветрозащитных полос, созданных на заносимых снегом участках, имеется 1344 га. Можно полагать, что на специально оборудованных для борьбы со снежными заносами участках этой дороги, учитывая повторяемость ветров силой больше 10 м/сек., в условиях железнодорожного перегона со средней пропускной способностью, положительный эффект от действия лесных ветрозащитных полос может быть получен до 53 т уменьшения расхода угля на 1 км в год.

При среднем расходе дороги на 1 т угля 108 рублей положительный эффект от действия ветрозащитных полос может быть выражен в сумме 1 610 000 рублей в год. При этом следует отметить, что в этой цифре определен положительный эффект только специально ветрозащитных по-

лос, в то время как на дороге имеется более 1200 км лесных полос снего-сборных, которые также в значительной части работают и как ветрозащитные, увеличивая принятый нами положительный эффект в полтора-два раза.

*Значение лесных полос в защите железнодорожного пути от выдувания балласта и в сокращении расходов по ремонту пути.* Для выявления значения этого влияния нами были взяты участки пути, защищенные и не защищенные лесными полосами. Так, на перегоне Подклетная — Латная, 231-й километр, лесных полос не имеется, и для ремонта пути в 1953 году на этом участке было разгружено балласта 200 м<sup>3</sup>, на что затрачено 3400 рублей. На следующем, 230-м километре пути, защищенном лесной полосой, балласта потребовалось только 40 м<sup>3</sup>, на что затрачено 680 рублей. Разница в затратах составляет 2720 рублей на 1 км. Второй пример: на перегоне Лиски — Мелогорье, на километрах 282-й и 283-й, не защищенных лесными полосами, ежегодно в течение трех лет (1951—1953 гг.) разгружалось балласта по 1080—1170 м<sup>3</sup> с затратами 13 000—14 000 рублей на 1 км. На том же перегоне на километрах 286-й, 287-й и 288-й, имеющих одинаковый профиль и аналогичные прочие условия, до посадки на них в 1936 году лесных полос, требовалось примерно такое же количество балласта, как на 282-й и 283-й километры. В 1953 году, после вступления лесных полос в действие, балласта на километры 286-й, 287-й и 288-й потребовалось всего 75 м<sup>3</sup> на километр, на что затрачено 900 рублей, то есть расходы уменьшились на 12 000—13 000 рублей на 1 км. Таких примеров можно привести много. К сожалению, учет на дороге не позволяет дать обобщенные сведения о расходе балласта на защищенных и не защищенных лесными полосами участках дороги.

Но если принять даже минимальную разницу в затратах по километрам 231—230-й (перегон Подклетная — Лихая), то и тогда положительный эффект от влияния ветрозащитных полос на уменьшение затрат по пополнению балласта определяется в 2720 рублей на километр пути. Всего по дороге при 284 км ветрозащитных полос экономия определяется в 772 000 рублей.

*Защита от селевых потоков.* На Юго-восточной дороге имеется до 18 км пути, страдающих от снежных обвалов и селевых потоков, но только два километра — 125-й и 126-й Острогожской дистанции пути защищены лесными полосами.

30 мая 1954 года, после сильного дождя, в районе Острогожской дистанции пути потребовалось проведение очистки пути на незащищенных 14 км пути, на что затрачено 27 740 рублей, то есть 1981 рубль на километр. На участке же 125-й — 126-й километры, с лесными полосами, затраты свелись только к 500 рублям, то есть по 250 рублей на километр. В течение года на дороге такие работы в связи с дождями приходится проводить от двух до шести раз. Если принять в среднем четыре ливня в год, то имеющиеся 2 км лесных полос создают экономию в затратах дороги до 11 000 рублей в год.

*Производство древесины.* Лесные полосы, помимо основного своего назначения — защиты железнодорожного транспорта от различных вредных природных влияний, — дают значительный ежегодный прирост древесины.

В лесных полосах дороги средний прирост определяется в 5,5—6 м<sup>3</sup> с гектара. 9810 га лесных полос обеспечивают ежегодный прирост до 50 000—60 000 м<sup>3</sup>, что, ввиду малолесного района расположения дороги, не может не учитываться. Часть прироста используется в порядке ухода за лесными полосами с пяти-шестилетнего возраста. Господствующими породами являются дуб, ясень обыкновенный, ясень зеленый, бересклет.

Учитывая, что весь режим хозяйства в лесных полосах направлен на наиболее успешное выполнение ими защитных функций, а также то, что снегобор приводит к появлению в полосах значительного количества снеголома, выбираемая в порядке ухода за полосами древесина имеет несколько заниженные качественные показатели. Так, по Миллеровскому участку дороги в 1953 году работы по уходу за лесными полосами преимущественно молодого возраста (до двадцати лет) на площади в 107 га дали следующую продукцию: жердей 15 м<sup>3</sup>, снеговых колев 19 м<sup>3</sup>, крупного хвороста 232 м<sup>3</sup> и мелкого хвороста 162 м<sup>3</sup>, а всего 428 м<sup>3</sup>.

При использовании этой продукции частично на нужды дороги и частично в качестве топливного материала положительный эффект может быть определен в сумме 8191 рубль, или 19 рублей от кубометра. С увеличением возраста лесных полос качество древесины, получаемой в результате ухода, за ними, будет возрастать, а вместе с ним повышаться и денежный эффект от использования этой древесины.

Если даже принять оценку выращенной на лесных полосах древесины в 19 рублей за кубометр, то при среднем ежегодном приросте в 50 000—60 000 м<sup>3</sup> положительный эффект, получаемый дорогой, определится в сумме до 1 000 000 рублей.

Все выше разобранные функции, выполняемые лесными полосами на Юго-восточной железной дороге, дают весьма ощутительный эффект в 10 143 600 рублей, которые слагаются из следующего:

	В руб.	В %
Защита лесными полосами (8306 га) от снежных заносов пути на протяжении 1740 км дает снижение денежных затрат . . . . .	5 917 600	58,3
Защита лесными полосами от заноса пути песком на протяжении 11 км снижает расходы на . . . . .	231 000	2,1
Защита лесными полосами полотна дороги на протяжении 80 км от волнобоя дает снижение на . . . . .	602 000	6,0
Действие 1344 га ветрозащитных полос на протяжении 284 км		
1) снижает расход топлива на . . . . .	1 610 000	16,0
2) уменьшает затраты по пополнению балласта на . . . . .	772 000	7,6
Защита лесными полосами пути от селевых потоков снижает затраты на . . . . .	11 000	—
От использования древесины дорога получает . . . . .	1 000 000	10,0

---

Итого . . 10 143 600

Таким образом, имеющиеся на Юго-восточной железной дороге 9810 га лесных полос повышают производительную силу труда в работе дороги на общую сумму 10 143 600 рублей, а каждый гектар лесных полос в среднем создает положительный эффект, выражающийся по самым минимальным подсчетам в 1034 рубля.

К сожалению, представленные обобщенные показатели все же не отражают полного положительного эффекта от действия лесных полос. Оказались неучтенными положительные влияния полос на сокращение числа остановок поездов на перегонах в силу сдувания песка с рельсов ветром, на устранение нарушения графиков движения поездов из-за ветра, на повышение производительности труда на 12—13% при ручных ра-

ботах на ремонте пути в зимнее время на участках, защищенных лесными полосами, на уменьшение случаев загорания букс, предохранение линии связи от повреждений, вызываемых ветрами; не учтено также положительное влияние лесных полос на прилегающие поля и т. д. Но и полученные данные представляют определенный интерес, показывая многообразие полезных свойств и выполняемых лесом функций, в которых производство древесины занимает не всегда ведущее и первое место.

---

Поступила в редакцию  
25 сентября 1957 г.

## О ЛЕСОЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

(К 200-летию лесной экономики)

**В. И. ПЕРЕХОД**

Академик

(Белорусский лесотехнический институт)

XX съезд КПСС указал на то, что в настоящее время весьма важное значение имеют вопросы конкретной экономики, и что вопросы марксистско-ленинской экономической науки, в ее неразрывной связи с практикой, должны стоять в центре нашего внимания.

В. И. Ленин учил, что в разные периоды на первый план выступает то одна, то другая сторона марксизма.

Ныне, в условиях борьбы нашего общества за высокую производительность труда, за решение основной экономической задачи СССР на первый план выступает экономическая сторона теории марксизма — вопросы конкретной экономики. Это в полной мере относится и к лесной отрасли народного хозяйства.

В 1957 году исполнилось 200 лет с момента выхода первой книги «Grundsätze der Forstökonomie» («Основы лесной экономики») В. Мозера и 75 лет с начала чтения лесной экономики, как самостоятельного курса, в б. Ново-Александрийском институте сельского хозяйства и лесоводства. Доцент А. К. Краузе, читавший этот курс, выпустил в 1891 году книгу «Народнохозяйственное значение деятелей лесного производства», в которой впервые поставил вопрос о необходимости «самостоятельной науки, которую мы назовем, — писал автор, — лесной экономией». По словам Краузе, лесная экономика имеет своим предметом исследование общественного элемента в лесоводстве или в той деятельности народа, которая направлена к удовлетворению его потребностей в древесном материале и к использованию всех выгод, приносимых человеку лесом.

«Ближе всего, — писал А. К. Краузе, — лесная экономия соприкасается с лесоустройством». Именно эта связь и послужила причиной того, что лесоустройство на некоторый период поглотило лесную экономику.

Правда, экономические элементы всегда занимали особое место в лесном хозяйстве. Во втором томе «Русского леса» Ф. К. Арнольд поместил особую главу под этим наименованием (1891); под ними автор понимал природу, труд и капитал, называя их основными факторами производства.

Через 10 лет после появления книги Ф. К. Арнольда проф. М. М. Орлов прочел в Лесном институте лекцию на тему: «Содержание

и цели лесоустройства», в которой он говорил, что «для надлежащей ясности было бы правильнее отдел лесоводства, занимающийся изучением экономических особенностей лесного промысла называть лесохозяйственной экономией или экономикой лесоводства».

Следовательно, экономика лесоводства понималась им, как отдел лесоводственной науки.

Еще в конце XIX века проф. М. К. Турский писал, что в лесоводственных знаниях тесно сплетены два элемента: один естественно-исторический, а другой — экономический.

Этой же точки зрения придерживается журнал «Сельское хозяйство и лесоводство» (март, 1865), считая неоспоримым то, что лесоводство складывается частью из естественных наук, частью из экономических начал.

Самое содержание этой экономической части лесоводства было своеобразно, так как отражало ограниченность развития производительных сил в лесном хозяйстве в условиях феодально-капиталистических производственных отношений.

Буржуазная экономика, объявив капиталом всякое средство производства, назвала капиталом и лес. Ф. К. Арнольд так и писал: «было бы странно смотреть на лес иначе, чем на имущество, представляющее собою капитал».

Каждый капитал требует оценки, и Ф. К. Арнольд пишет книгу «Оценка действующих в лесах капиталов и достигаемых ими результатов» (1884). Эта книга, как и ряд других, выражает сущность буржуазно-экономического подхода к лесу и направлена на защиту лесовладельцев. Не только лес, но и почва, рассматривались как главные виды действующих в лесах капиталов, которые должны были приносить определенный процент дохода, называвшийся «нормой роста» в лесном хозяйстве.

Буржуазно-экономическое учение о лесе нашло свое место в особой дисциплине, названной лесной статикой, представлявшей собою суррогат лесной экономики.

Лесная статика, как особое учение об условиях, обеспечивающих получение дохода и процентов на капитал, была выделена Гундесгагеном в его энциклопедии лесных знаний (1828). В 1871 году появилось «Руководство по статике лесоводства» Г. Гейера, которое было переведено на русский язык в 1878 году. Методы лесной статистики вошли в курс лесоустройства.

Проф. М. М. Орлов считал, что лесная статика есть необходимая часть лесоустройства (см. «Лесоустройство», т. 1).

Однако, эта точка зрения разделялась не всеми. Так, например, проф. Л. И. Яшнов писал, что лесная статика «составляет часть более обширной науки — лесной экономики, трактующей об экономических основах лесного хозяйства».

Проф. Л. И. Яшнов выпустил «Краткий курс лесной статистики» (1-е изд. в 1923 г., 2-е — в 1928 г.). В первом издании автор писал, что математические основы и приемы учета действующих в лесу капиталов и вычисления финансового равновесия доходов и расходов лесного хозяйства остаются прежними. Таким образом, вплоть до 1928 года лесная статика рассматривалась либо как часть лесоустройства, либо, как самостоятельный курс, заменяя собой лесную экономику. Естественно, что узкий базис развития лесного дела в условиях капиталистического производства и большая зависимость ученых-лесоводов от существовавшего экономического и политического режима наложили определенный отпечаток на содержание лесоэкономических работ и форму их изложения. Это положение лесоэкономической науки начало меняться только

во втором десятилетии существования Советского государства, на базе полной победы социализма в народном хозяйстве.

Аналогичный путь развития прошла лесная экономика в других странах. Так, например, в Польше до последнего времени под лесной экономикой (*Economica lesna*) понималась лесная статика, к которой присоединилась еще денежная оценка леса. Только недавно (1953) появилась книга д-ра Р. Фромера «Введение в экономику лесного хозяйства». В этой книге имеются две части: 1) лесное хозяйство в докапиталистический и капиталистический период и 2) лесное хозяйство в условиях социализма.

Журнал «Sylwan» (№ 5 за 1957 год) опубликовал статью Тадеуша Моленда «Общие основы экономики лесного хозяйства». В ней разобраны вопросы методики, терминологии, предмета и содержания лесной экономики. Автор подходит к вопросу экономики лесного хозяйства очень широко, включая в него даже экономику лесного транспорта.

Во Франции лесная экономика (*Economie Forestière*) включает в себя лесоустройство. Автор первого французского трактата по лесной экономике понимал под этим термином учение о производстве и обращении лесных ценностей (А. Putton, 1888).

Юффель включал в лесную экономику и ряд вопросов лесной политики (вопросы лесной собственности и лесного законодательства).

На протяжении двух последних лет (1956—1957) на страницах журнала: «Forst und Jagd» велась дискуссия по вопросам предмета и метода экономики лесного хозяйства. В ней приняли участие: Пауль, Брейтхаупт, Шиллинг, Мушнер, Ласман и др.

Проф. Ф. Папанек, написавший одну из первых книг по экономике социалистического лесного хозяйства (1955), так сформулировал вопрос о методе лесной экономики: «Лесная экономика пользуется диалектическим материализмом как общим методом научного исследования. Методом лесной экономики является сбор и изучение фактов, их тщательный анализ, обобщение материала путем абстрагирования и статистической обработки и, наконец, выяснение причинных связей в экономике лесного хозяйства». В такой формулировке, отвечающей больше понятию методики, чем метода, автор указывает последовательные этапы работы по изучению лесохозяйственных объектов.

Проф. П. В. Васильев в своей книге «Экономика и организация труда в лесной промышленности» (1936) также говорил о том, что «метод экономики и организации труда — это метод диалектического материализма, являющийся методом всякой подлинной науки» и далее автор поясняет: «Этот метод обязывает экономику и организацию труда рассматривать каждое изучаемое ею явление в историческом процессе его возникновения, развития и отмирания, вскрывая законы его развития в каждой данной общественной формации и на каждом данном ее этапе».

Таким образом, вопрос о методике лесной экономики выяснен с достаточной полнотой. Еще в 1923 году в журнале «Сельское и лесное хозяйство» мы поместили статью (в номере за октябрь — декабрь) под названием: «Диалектический метод в лесозаконодательстве». Применение его в советской лесной экономике дает большие перспективы для развития этой науки.

В. И. Ленин учит нас тому, что стремясь познать те или иные явления в их взаимной связи и обусловленности, мы должны идти научным путем: «от живого созерцания к абстрактному мышлению, и от него — к практике». В действительной связи с практикой — жизненная сила теории.

Лесная экономика, как учение о лесе, его продуктах и хозяйстве в

лесу, охватывает целый ряд процессов: выращивание леса, заготовка и транспорт, механическая и химическая обработка древесины.

В своей вступительной лекции: «Пути лесной экономики», прочитанной в Казанском институте сельского хозяйства и лесоводства и опубликованной в Известиях этого института в 1930 году, мы выделили следующие конкретные экономики: 1) экономика лесоводственного процесса (экономика лесоводства), 2) экономика заготовок и транспорта леса, 3) экономика деревообработки древесины (можно и нужно подразделить ее на экономику деревообрабатывающих предприятий и экономику лесохимических производств). Дальнейшее подразделение процессов может привести к выделению экономики лесопильного производства, фанерного, мебельного и т. д. По линии лесохимических производств уже выделилась экономика бумажного производства, как имеющая ряд своих особенностей.

По линии лесоводственных процессов возможно выделение экономики полезащитного лесоразведения, укрепления оврагов, облесения песков. Конечно, слишком мелкое дробление нежелательно, так как при этом может быть утеряна связь между явлениями родственного процесса, легко могут быть нарушены общие принципы, методы и законы, присутствующие развитию всех отраслей материального производства, и взаимосвязи, существующие между отдельными отраслями.

Развитие каждой конкретной экономики требует научного обоснования, установления связи между явлениями, увязки с производством.

Мы хотим остановиться здесь на экономике лесоводства.

В 1916 году проф. Марченко напечатал статью: «Экономика лесоводства, как особая специальная дисциплина». В 1957 году вышла в свет наша книга «Основы экономики лесоводства».

Необходимо было установить новое, экономическое понятие о лесе, указать экономические признаки насаждений, классифицировать их не по лесоводственным или таксационным данным, а по экономическим различиям. Мало того, потребовалось определить на основании экономических признаков границы районов и обозначить контуры типов хозяйств. Все лесоводственные моменты, такие как, рубки, лесовозобновление, уход за лесом и лесные культуры, должны были получить иное, стоимостное выражение.

При этом следует сказать еще, что экономический подход к лесу, в отличие от естественно-исторического или природоведческого, связан с тем или иным характером производственных отношений. В мире сейчас нет и не может быть единого экономического учения о лесе, наоборот, в данное время, как и в прошлом, существуют два принципиально противоположных подхода к науке о лесе: буржуазно-экономический и марксистско-ленинский; содержание и методология у них разные. В своей работе «Об экономических основах характеристики и районирования лесов» (1957); помещенной в выпуске третьем «Трудов по лесному хозяйству Западной Сибири»; мы показали это различие между двумя экономическими учениями о лесе.

Мы осветили некоторые положения и привели ряд высказываний авторов, принимавших участие в развитии экономики лесного дела. Нам представляется, что наиболее полное и быстрое развитие этой науки является одной из важнейших задач наших научных сил.

Задача современного момента развития лесозащитной науки требует всестороннего и глубокого анализа всех экономических элементов лесохозяйственного производства. Перед лесными научными работниками и работниками производства (лесничими, лесоустроителями) открывается неограниченный простор исследований экономики лесного

хозяйства, в том числе изучение экономических характеристик лесных массивов, установления ряда конкретных признаков, определения связей между ними. В качестве примера укажем на необходимость связи между протяженностью путей транспорта (лесовозных дорог) и развитием мер ухода за лесом. Известно, что отсутствие лесовозных дорог тормозит развитие мероприятий по уходу за лесом и, наоборот, наличие их, в количестве нескольких десятков метров (50—60) на 1 га лесной площади, позволяет развить эти мероприятия в интересах формирования и качественного улучшения древостоев.

Кафедры лесных вузов, отделы экономики научно-исследовательских институтов лесного хозяйства могли бы способствовать накоплению большого фактического материала, необходимого для развития лесоэкономической науки. Отсутствие этой важной работы или слабое ее развитие привело к тому, что в данный момент нет еще достаточных материалов для построения отдельных курсов конкретных экономик. По неволе программы заполняются всякого рода сведениями по истории лесного хозяйства, статистике лесов, лесоэкономической географии и т. п. В итоге получают сборные дисциплины, вместо подлинно научной конкретной экономики того или иного процесса (лесовыращивания, лесозаготовок, лесотранспорта и пр.).

То огромное внимание, которое уделил XX съезд КПСС вопросам конкретной экономики, служит лучшей гарантией того, что взамен общих построений у нас получит надлежащее развитие конкретная экономика процесса, которая удовлетворит производителей и студентов гораздо в большей степени, чем это наблюдается в настоящее время.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арнольд Ф. К. Оценка действующих в лесах капиталов и достигаемых ими результатов. 1884. Васильев Н. В. Экономика и организация труда в лесной промышленности. 1936. Гейер Г. Руководство к статике лесоводства. 1878. Корш В. П. Лесоустройство. 1928. Орлов М. М. Лесоустройство. Т. I, 1927. Переход В. И. Об экономических основах характеристики и районирования лесов. Труды по лесному хозяйству Западной Сибири. Вып. 3, 1957. Переход В. И. Пути лесной экономики. Известия Каз. института сельского и лесного хозяйства. 1930. 17. Переход В. И. Основы экономики лесоводства. Изд. БЛТИ, 1957. Яшнов Л. И. Краткий курс лесной статистики (1-е изд. 1923, 2-е изд. 1928). Breithaupt G. Zur Begriffsbildung „Forstökonomik“ und „Wirtschaftspolitik“. „Forst und Jagd“ № 12, 1956. R. Fromer. Wstep do ekonomiki gospodarstwa lesnego. 1953; Molenda T. Ogólne zalozenia ekonomiki leśnictwa „Sylvan“ № 5, 1957; Moser W. Grundsätze der Forstökonomik. 1757. Muschner I. Zur Frage nach dem getenstand der Forstökonomik“. „Forst und Jagd“ № 10—11. 1956. Papanek F. Economica socialisticeskeho lesneho gospodarstva. 1955. Paul E. Über Gegenstand und Methode der Forstökonomik. „Forst und Jagd“ № 9, 1956. Putton A. Traité d'économie forestiere. 1888. Uhlig S. Über Gegenstand und Methode der Forstökonomik. „Forst und Jagd“ № 2, 1957.

Поступила в редакцию  
15 октября 1957 г.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ В СТРОЕНИИ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ В БОРОВЫХ ТИПАХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. ПАТРАНИН

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В 1955—1956 годах, работая в Чагодощенском, Бабаевском, Рослятинском и Никольском лесхозах Вологодской области, мы собрали материал о строении корневых систем сосны в разных типах условий местопроизрастания.

В юго-восточной части Вологодской области — в Рослятинском и Никольском лесхозах обследованием были охвачены сосняки-брусничники и сосняки бруснично-лишайниковые; в юго-западной части в Бабаевском и Чагодощенском лесхозах — сосняки-брусничники, бруснично-вересковые и вересково-лишайниковые.

Обследованные участки являются вырубками 1952—1940 и 1932 годов, на которых были произведены лесные культуры или произошло естественное возобновление сосны до 6000—8000 деревьев на гектар.

Типы условий местопроизрастания и типы леса, выделенные акад. В. Н. Сукачевым в борах таежной зоны, являются конкретными и довольно устойчивыми категориями. Они характеризуются не только свойственными им особенностями в восстановлении на вырубках сосны и в определенной интенсивности ее роста, но и особенностями в строении корневых систем.

Произведенные раскопки корневых систем как в культурах сосны, так и у сосен естественного возобновления, позволяют заключить, что в зависимости от типа борových условий в строении корневой системы имеются свои особенности\* (табл. 1). В условиях сосняков-брусничников корневая система в большинстве случаев (79%) хорошо развита, с глубоко проникающими вертикальными корнями (рис. 1). У части обследованных деревьев (21%) стержневой корень имел наклонное направление, причем у большинства экземпляров он раздваивался (рис. 2). Следует отметить также, что при наклонном положении стержневой корень достигает меньшей глубины (табл. 2)\*\*.

\* Всего раскопано 122 учетных дерева на 16 пробных площадях.

\*\* Случаи с деформированной корневой системой при посадке учитывались отдельно.

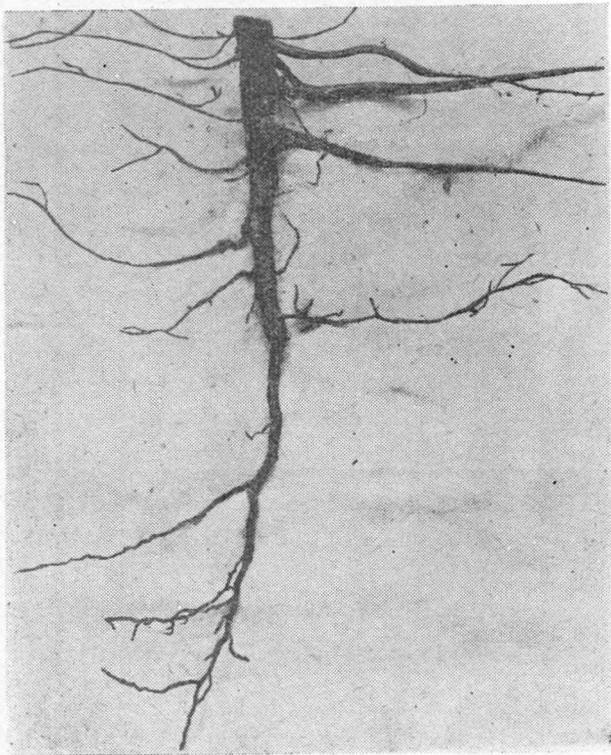


Рис. 1. Корневая система сосны с вертикальным стержневым корнем. Посев 3 лет.

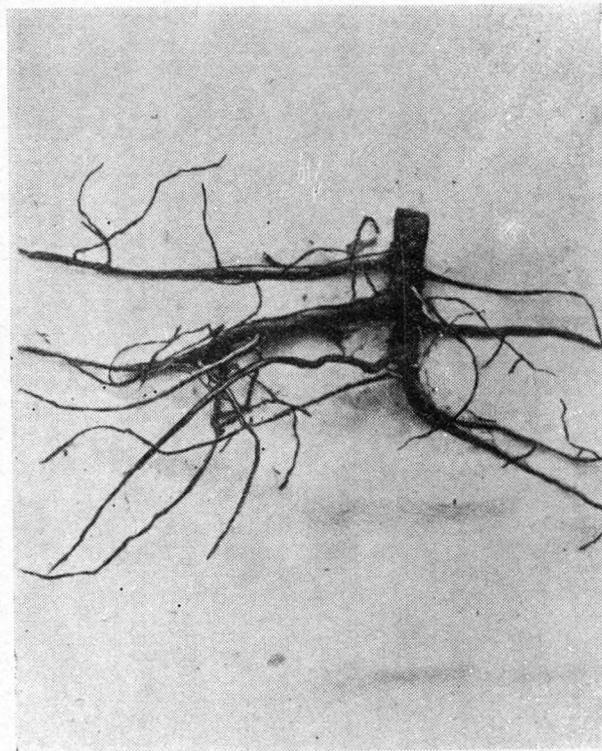


Рис. 2. Корневая система сосны с наклонным стержневым корнем. Посев 3 лет.

Таблица 1

## Результаты раскопок корневых систем в типе леса сосняк-брусничник

Направление корневых систем	Количество учетных деревьев в лесхозах					
	Бабаевском		Росляковском и Никольском		всего	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Вертикальное . . . . .	15	71,5	18	85,5	33	78,5
Наклонное . . . . .	6	28,5	3	14,5	9	21,5
Горизонтальное . . . . .	—	—	—	—	—	—
Всего . . . . .	21	—	21	—	42	—

Таблица 2

## Глубина проникновения вертикальных и наклонных стержневых корней в типе леса сосняк-брусничник

Метод производ- ства культур	Год произ- вод- ства	Сред- няя высо- та в см	Осно- вное откло- нение в см	Пока- затель точ- ности в %	Кэф- фици- ент вари- ации в %	Глубина проникно- вения стержневого корня (миним.— максим.) в см	
						вертикаль- ного	наклонного

## Бабаевский лесхоз

Посев . . .	1950	73,2	2,6	3,5	27,2	38—68	40
Посадка . .	1952	71,8	1,9	2,7	21,0	42—69	34—66
„ . . . . .	1953	58,8	3,2	3,2	25,1	38—66	18—39

## Рослятинский и Никольский лесхозы

Посев . . .	1950	53,0	1,4	2,9	23,2	23—61	15—19
„ . . . . .	1951	59,4	1,7	2,8	21,7	26—51	20
„ . . . . .	1953	28,2	0,7	2,5	17,7	21—53	—

У деревьев естественного возобновления в возрасте 20 лет стержневые и якорные корни проникают на глубину более 2 м, причем на глубине 1,5 м ясно определяется образование второго яруса горизонтальных корней (рис. 3). Горизонтальные корни отходят от вертикальных стержневых корней на всем протяжении, причем на генетический горизонт  $A_0 A_1$  у одной сосенки приходится в среднем 2—3 горизонтальных корня, на горизонт В — 3—4 корня. Наиболее длинные горизонтальные корни (140 см) наблюдались в посевах 1950 года, они расположены также в горизонтах  $A_1$  и  $A_2$  (рис. 4).

По достижении плотного ортштейнового горизонта, который встречается во всех обследованных типах боровых условий местопроизрастания, стержневой корень образует колено и дальнейший его рост продолжается в горизонтальном направлении (рис. 5).

В бруснично-вересковых и бруснично-лишайниковых типах леса одновременно с вертикальными и наклонными стержневыми корнями можно встретить стержневой корень с горизонтальным направлением (рис. 6). В этих типах леса сосенки с вертикальным стержневым корнем составляли 40%, с наклонным — 38% и с горизонтальным — 22% (табл. 3).

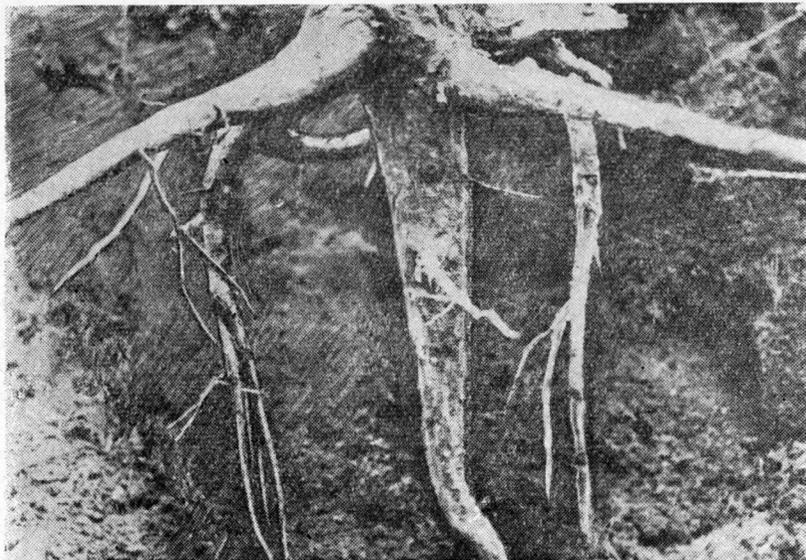


Рис. 3. Корневая система сосны с вертикальным стержневым и якорными корнями. Естественное возобновление в возрасте 20 лет.

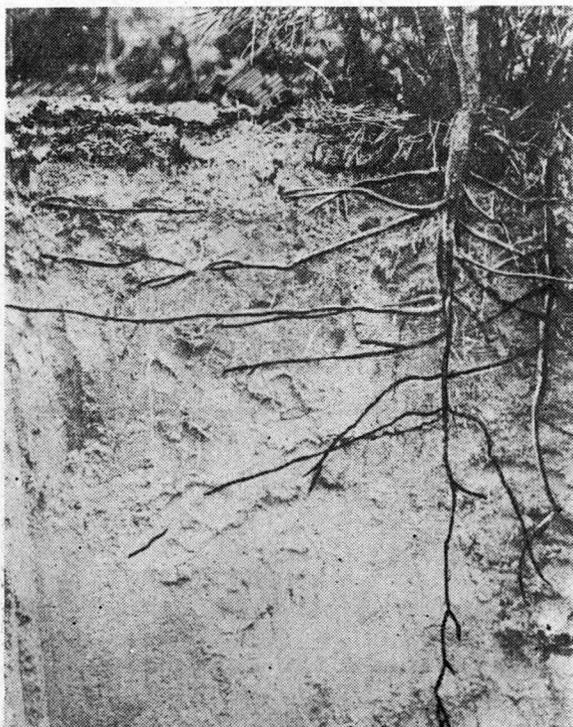


Рис. 4. Расположение боковых горизонтальных корней по генетическим горизонтам почвы. Посев сосны 4 лет в площадку.

Таблица 3

Результаты раскопок корневых систем в типах леса сосняк вересково-лишайниковый (Бабаевский лесхоз) и бруснично-лишайниковый (Рослятинский лесхоз)

Направление стержневых корней	Количество учетных деревьев в лесхозах:					
	Бабаевском		Рослятинском и Никольском		всего	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Вертикальное . . . . .	6	28,6	9	55	15	40,5
Наклонное . . . . .	9	43	5	31,4	14	38
Горизонтальное . . . . .	6	28,4	2	12,6	8	21,5
Всего . . . . .	21	—	16	—	37	—

Глубина проникновения вертикального стержневого корня в этих типах условий местопроизрастания заметно уменьшается (табл. 4).

Таблица 4

Глубина проникновения стержневого корня в типах леса сосняк бруснично-вересковый и сосняк лишайниково-брусничный

Метод производства	Год производства	Средняя высота в см	Основное отклонение в см	Показатель точности в %	Коэффициент вариации в %	Глубина проникновения стержн. корней (мин.— макс.) в см		Длина горизонт. стержн. корней (мин.— макс.) в см
						вертик.	наклон.	
Бабаевский лесхоз								
Естественное возобновление 5 лет	—	47,8	2,0	4,2	32,8	38—49	32—42	—
Посев . . . . .	1950	45,3	1,9	4,1	32,3	20	13—21	18—61
Посадка . . . . .	1951	54,8	2,5	5,5	35,1	39	11—26	36—48
Рослятинский лесхоз								
Посев . . . . .	1951	41,4	1,3	4,0	31,4	18—35	14—24	63

При сопоставлении табл. 3 и 4 видно, что в Рослятинском лесхозе минимальное и максимальное проникновение вертикального стержневого корня культуры посева 1951 года в типе леса сосняк-брусничник имеют 26 и 51 см, а в лишайниково-брусничном типе 18—35 см. Глубина проникновения наклонного стержневого корня также значительно меньше в последнем типе леса. Возьмем к примеру посадку 1952 года в Бабаевском лесхозе в сосняках-брусничниках и посадку 1951 года в сосняках бруснично-верескового типа. Если в первом случае глубина проникновения наклонного стержневого корня колебалась от 34 до 66 см, то во втором от 11 до 26 см.

Уместно отметить и тот факт, что если в сосняках-брусничниках горизонтальное расположение стержневого корня не наблюдалось, то в бруснично-вересковом и лишайниково-брусничном типах оно отмечено у 21% обследованных корней.

Количество боковых горизонтальных корней в этих типах также

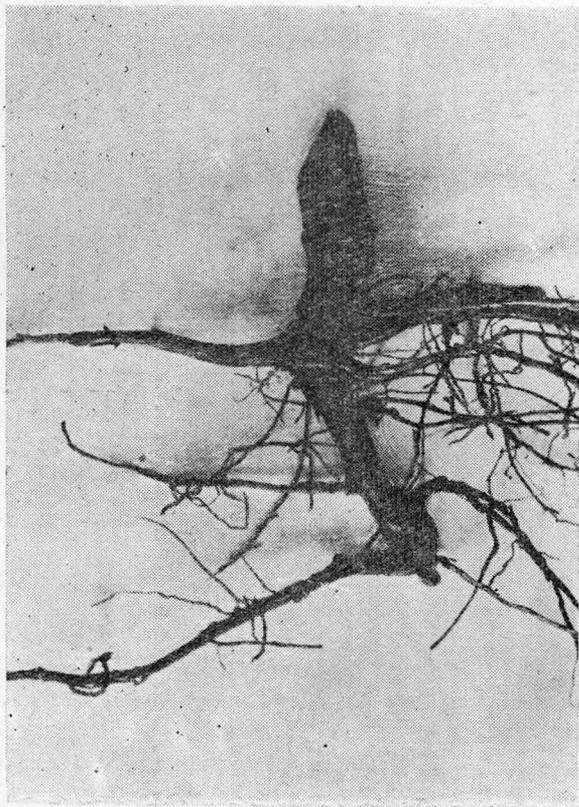


Рис. 5. Изменение направления роста стержневого корня после достижения им оршштейнового горизонта. Посев сосны 6 лет.

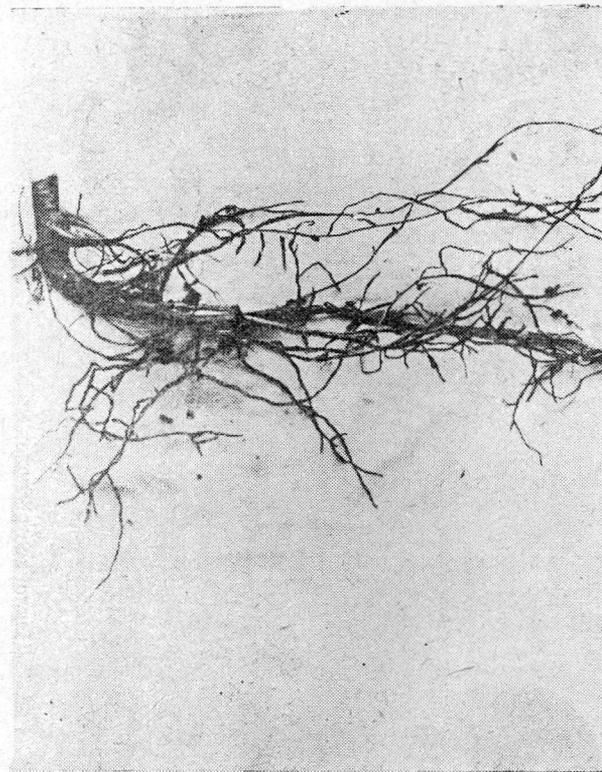


Рис. 6. Корневая система сосны с горизонтальным расположением стержневого корня. Посев сосны 3 лет.

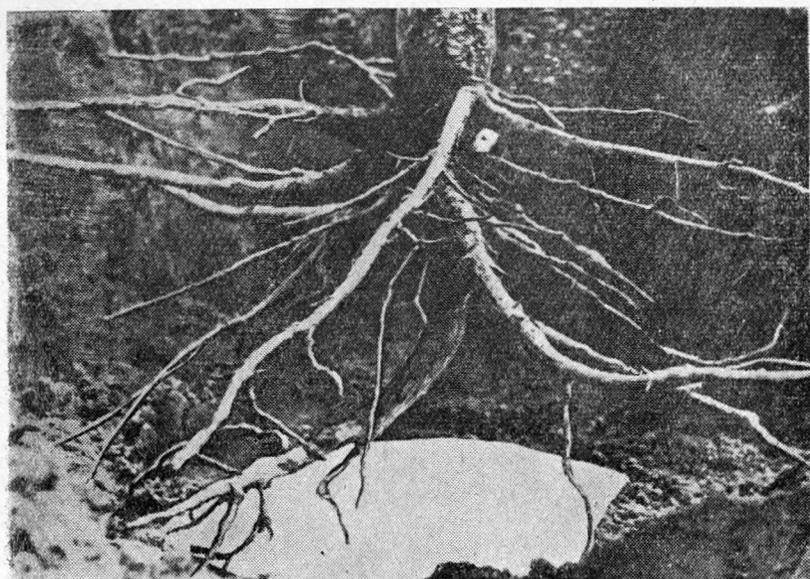


Рис. 7. Наклонное расположение стержневого корня.  
Естественное возобновление в возрасте 22 лет.

уменьшается, причем меньше всего корней в горизонте В. В горизонте  $A_0A_1$  и  $A_0$  образуется в среднем по 2-3 и в горизонте В — 1-2 боковых корня. Максимальная длина боковых корней у культур посева 1951 года — 262 см при средней длине 83 см, тогда как в типе леса сосняк-брусничник (посев 1950 года) она 140 см при средней длине 75 см.

Наклонное направление стержневых корней наблюдается и у двадцатидвухлетних сосенок естественного возобновления (рис. 7). Глубина проникновения наклонного стержневого корня в этом случае равна 67 см.

На вырубках, в напочвенном покрове которых значительное место занимают лишайники, количество сосен, имеющих наклонное и горизонтальное направление стержневых корней, заметно возрастает. Так, горизонтальное направление имеют 35%, наклонное — 34% и вертикальное — 31% всех учетных деревьев (табл. 5).

Таблица 5

Результаты раскопок корневых систем в типах леса  
сосняк бруснично-вересковый (Бабаевский лесхоз)  
и сосняк лишайниково-брусничный (Рослятинский лесхоз)

Направление стержневых корней	Количество учетных деревьев в лесхозах					
	Бабаевском		Рослятинском и Никольском		всего	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Вертикальное . . . . .	4	18,2	9	43	13	31
Наклонное . . . . .	8	36,4	7	33,4	15	34
Горизонтальное . . . . .	10	45,4	5	23,6	15	35
Всего . . . . .	22	—	21	—	43	—

Одновременно с увеличением в вересково-лишайниковых и бруснично-лишайниковых сосняках количества сосен, имеющих наклонное (34%) и горизонтальное (35%) направления стержневого корня, глубина проникновения вертикальных и наклонных стержневых корней, хотя и незначительно, но сокращается. Для примера возьмем культуру посева 1951 года в Рослятинском лесхозе. В типе леса сосняк-брусничник при средней высоте сосен 59,4 см глубина проникновения вертикального стержневого корня колеблется в пределах 26—51 см и наклонного в пределах 20 см, а в сосняках лишайниково-брусничных при средней высоте сосен 41,4 см, соответственно, в пределах 18—35 см и 14—24 см. В сосняках же бруснично-лишайниковых при средней высоте сосен 21,4 см глубина проникновения вертикального стержневого корня колеблется в пределах 20—32 см и наклонного — в пределах 18—20 см (табл. 6).

Таблица 6

Глубина проникновения стержневого корня в типах леса сосняк бруснично-вересковый и сосняк лишайниково-брусничный

Метод производства культуры	Год производства	Среднее $H$ в см	Основное отклонение в см	Показатель точности в %	Кoeffициент вариации в %	Глубина проникновения стержневых корней (мин.—макс.) в см		Длина стержневых горизонт. корней (мин.—макс.) в см
						вертик.	наклон.	

## Бабаевский леспромхоз

Посев	1949	41,8	+1,8	4,3	33,9	49—98	31—46	38—46
	1951	41,1	1,7	4,1	31,8	42	13—20	18—64
Посадка	1952	30,3	1,6	2,9	23,0	22	14—19	10—33

## Рослятинский и Никольский лесхозы

Посев	1951	21,4	0,5	2,4	18,7	20—32	18—20	18—21
	1953	14,2	1,0	6,9	53,8	23	18—29	10
	1954	13,7	0,8	5,8	46,0	38—56	27	12—15

В этих типах сосняков количество боковых горизонтальных корней первого порядка заметно сокращается, но зато количество более мелких корней (микоризных окончаний) в поверхностных горизонтах почвы значительно возрастает. Если в сосняке-брусничнике на один экземпляр приходилось в среднем по 10 корней, в бруснично-вересковом и лишайниково-брусничном — по 7,1, то в бруснично-лишайниковом и вересково-лишайниковом в среднем всего только по 5,2 боковых корня, которые расположены в поверхностных горизонтах почвы ( $A_0A_1$  — по 2—3 корня, в  $A_2$  — по 3—2).

Средняя длина боковых горизонтальных корней в посевах 1949 года 132,5 см, максимальная — 268 см.

Горизонтальное направление стержневого корня встречается и у сосен шестнадцатилетнего возраста естественного возобновления (рис. 8).

Поверхностное строение корневой системы сосны в некоторых типах боровых условий местопроизрастания и особенно на вырубках в лишайниковых и близких к ним типах леса обуславливает в большинстве случаев ветровал у семенников (рис. 9). А ведь корневая система сосны начинает формироваться по определенному типу еще в раннем возрасте.

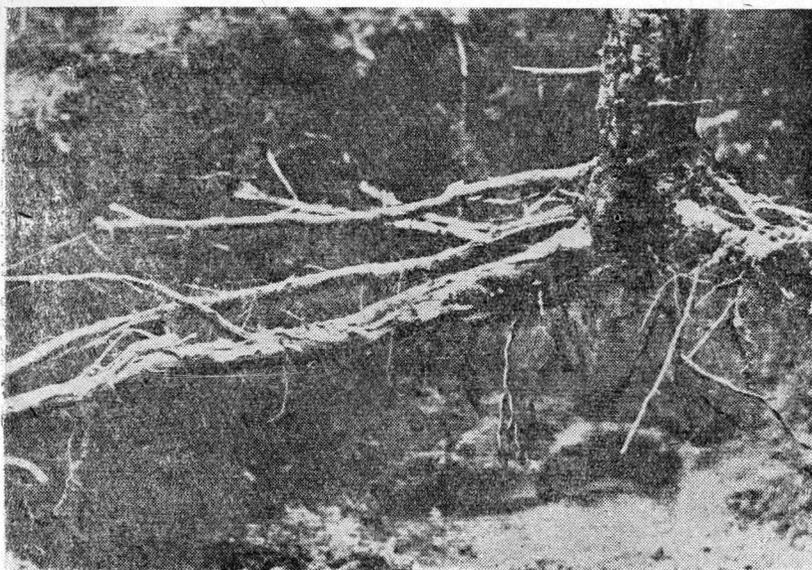


Рис. 8. Корневая система сосны с горизонтальным расположением стержневого корня. Естественное возобновление в возрасте 16 лет.

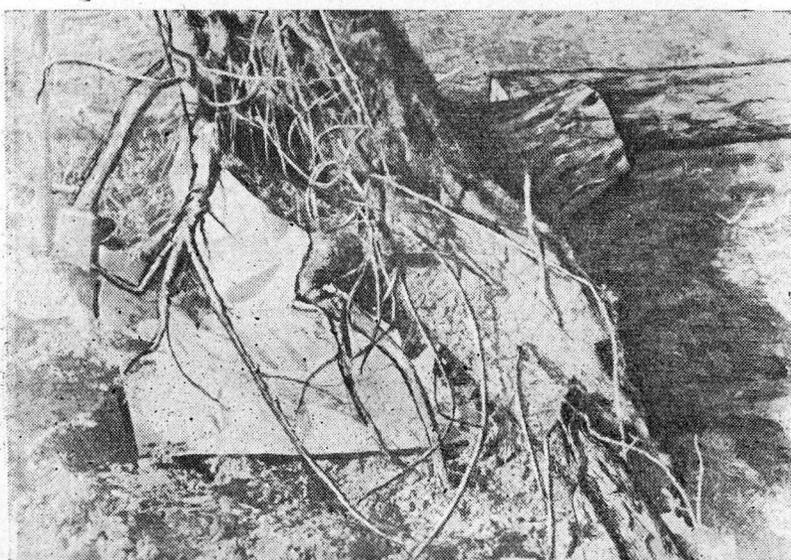


Рис. 9. Ветровал семенника сосны с поверхностной корневой системой.

Сопоставляя интенсивность роста сосны в культурах разных типов условий местопроизрастания, нетрудно заметить, что чем лучше условия среды, тем интенсивней рост и в высоту, и по общему весу, и по весу корневой системы.

Достаточно указать, что средняя высота культур посева 1950 года в сосняке-брусничнике равна 73 см, а посева 1949 года в сосняке бруснично-лишайниковом — 41,7 см. Общий вес среднего экземпляра первой культуры равен 206 г, а второй — 26 г.

То же самое можно видеть и по весу корневой системы. Если в условиях сосняка-брусничника вес корневой системы равен 21,5 г, то в бруснично-лишайниковом типе — 3,3 г. Таким образом, чем лучше условия местопроизрастания, тем лучше развивается дерево и по высоте, и по общему весу, и по весу корневой системы.

Хотя вес корневой системы в худших условиях произрастания значительно ниже веса ее в лучших условиях, но процентное отношение веса корневой системы к наземной части в худших условиях заметно возрастает. Так, если в брусничниках для посевов это отношение находится в пределах 8,2—13,9%, а в лишайниково-вересковых и лишайниково-брусничных — 13,5—14,3%, то в вересково-лишайниковых и бруснично-лишайниковых типах оно возрастает и колеблется в пределах 14,5—20%. Следует отметить, что это отношение в посадках значительно выше, чем в посевах. Например, если в сосняках-брусничниках в посевах оно равно 11%, то в посадках — 14%; в бруснично-вересковых посевах — 13,7%, в посадках — 20% и, наконец, в бруснично-лишайниковых типах в посевах — 15,3%, в посадках — 22%.

Произведенные определения механического состава почв и содержания некоторых элементов позволяют заключить, что в сосняках-брусничниках большее содержание мелких фракций обеспечивает меньшую водопроницаемость почвогрунтов и повышает влагоемкость. Например, в сосняках-брусничниках (Бабаевский лесхоз) частиц от 0,25 до 0,01 мм содержится от 57 до 98%, в бруснично-вересковых от 28 до 41% и в вересково-лишайниковых типах от 23 до 34%.

При просмотре в бинокулярную лупу почвенных образцов из генетических горизонтов В и С в сосняках-брусничниках из первичных минералов, наряду с кварцем, было обнаружено значительное количество частиц полевого шпата и других цветных минералов (роговая обманка, апатиты, слюда и др.). Кроме того, кварцевый песок (в образцах имел, как правило, не круглую форму, которая является характерной особенностью сосняков лишайниковых и близких к ним типов леса, а многогранную. Все это в значительной степени улучшает как водный режим (за счет большего количества капиллярной воды), так и режим питания (за счет распада первичных минералов).

По содержанию фосфора, обменных оснований и гумуса все произведенные 12 разрезов мало отличаются друг от друга, но в сосняках-брусничниках присутствие гумуса встречается в горизонте В на глубине до 100 см и в горизонте С до 160 см, тогда как в вересково-лишайниковых сосняках гумус совсем исчезает с глубины 36 см (табл. 7).

Как видим, на бедной, сухой песчаной почве лишайниковых и вересково-лишайниковых типов, при относительно меньшей энергии роста сосен, чем на песчаной почве брусничниковых типов, сравнительно большая часть энергии роста уходит на формирование корневой системы, а не надземной части.

По Д. А. Сабину решющее значение для функциональной мощности корня, как органа поглощения воды, имеет не общая протяженность или поглощающая поверхность корня, а динамический признак —

Таблица 7

Содержание некоторых химических элементов и механический состав почв в боровых типах условий местопроизрастания в Бабаевском лесхозе

Тип условий местопроизрастания	Генетические горизонты почвы	Мощность в см	Содержание фосфора в мг на 100 г почвы	Сумма обменных оснований	Гумус в %	Механический состав в % от веса сухой почвы:			
						1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	менее 0,01
						мм	мм	мм	мм
Сосняк-брусничник	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	0—2	15,0	5,69	1,8	35,5	44,5	13	7
	A <sub>2</sub>	2—14	15,0	2,5	1,2	9,5	75,3	10,7	4,5
	B	14—100	10,0	2,73	0,2	9,0	84,3	5,0	1,7
	C	100—160	18,0	2,05	0,2	1,3	98,0	—	0,7
Сосняк бруснично-вересковый	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	0—2	1,25	2,5	1,2	66,0	28,0	2,7	3,3
	A <sub>2</sub>	2—6	7,5	1,59	2,0	54,5	37,0	3,0	5,5
	B	6—72	10,0	2,28	0,1	53,2	41,0	1,8	4,0
	C	72—100	10,0	1,38	Нет	90,0	8,5	—	1,5
Сосняк вересково-лишайниковый	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	0—3	10,0	4,55	2,9	74,2	21,3	3,0	1,5
	A <sub>2</sub>	3—11	19,0	3,19	2,8	68,7	23,8	1,6	6,0
	B	11—36	10,0	3,41	0,4	76,5	22,8	0,7	—
	C	36—115	10,0	1,82	Нет	64,2	34,8	—	—

скорость новообразования поглощающих органов корня. Отличительные черты организации корневых систем — быстрый рост и ветвление — это приспособительные черты, вызванные условиями поглощения воды корневыми системами из почвы. Он пишет: «Анализ особенностей почвы, как среды водного питания, привел нас к заключению, что только растущая корневая система может полностью использовать водные запасы почвы при быстром токе воды через растения и не очень высоком содержании воды в почве».

Полученные нами данные согласуются с выводами Д. А. Сабина. К его формулировке, по нашему мнению, следует добавить, что по общей протяженности корня можно судить и о динамическом признаке — скорости новообразования, так как большая протяженность корня является следствием большей скорости новообразования.

Специфической особенностью вересково-лишайниковых типов следует считать то, что минеральное питание сосредоточено в основном на глубине до 30 см, а уровень грунтовых вод располагается на глубине 6—7 м. Эта особенность, на наш взгляд, и обуславливает формирование поверхностной корневой системы с большой разветвленностью корней второго и третьего порядка и значительной протяженностью их в горизонтальной плоскости. В этом случае деревья довольствуются влагой от периодических осадков и, может быть, конденсационной влагой поверхностных слоев почвы, используя небольшой почвенный запас воды, а также минеральные и органические питательные вещества, благодаря непрерывному новообразованию физиологически деятельных корневых окончаний и проникновению их к еще не иссушенным частям почвенного слоя.

Если в сосняках-брусничниках ветвление и новообразование поглощающих частей корня происходит по всей глубине расположения вертикального стержневого корня от A<sub>0</sub> до C (рис. 4), то в бруснично-лишайниковых и вересково-лишайниковых типах это ветвление сосредоточено в приповерхностных горизонтах почвы — A<sub>0</sub>A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>, причем боковые горизонтальные корни первого порядка отходят от стержневого горизонтального корня в горизонтальной плоскости и располагаются в тех же почвенных горизонтах, что и стержневой корень (рис. 10).

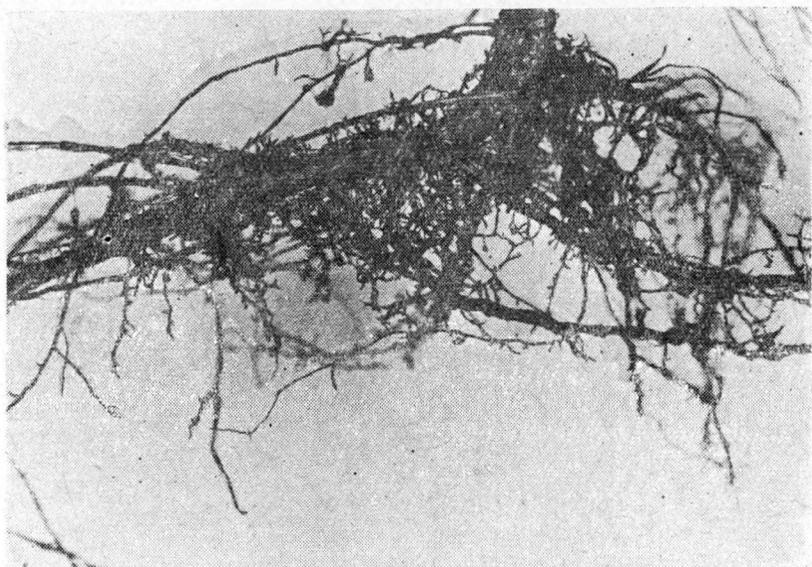


Рис. 10. Зона ветвления сосны в условиях типа леса сосняк лишайниковый с горизонтальным расположением стержневого корня.

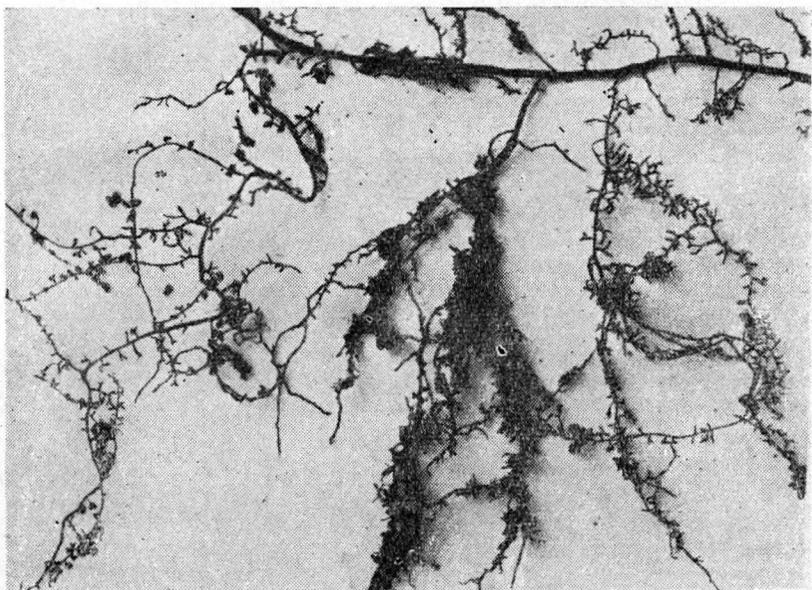


Рис. 11. Микоризные окончания на корнях сосны, находящиеся в верхнем гумусированном слое и располагающиеся в горизонтальной плоскости.

Особенно интенсивное разветвление отмечается непосредственно около поверхности почвы и еще больше в местах скопления органических остатков (полусгнивших корней, коры, порубочных остатков и т. д.). Следует заметить также, что в бруснично-лишайниковых и вересково-лишайниковых типах нами отмечено и более интенсивное образование микоризных окончаний, которые часто образуют сплошной клубок (рис. 11).

В заключение отметим, что наши исследования о дифференциации строения корневых систем в зависимости от типа условий местопрорастания подтверждают ранее сделанные высказывания А. П. Тольского, М. Е. Ткаченко и др. относительно того, что одна и та же порода на разных почвах обладает разной ветроустойчивостью.

М. Е. Ткаченко, например, писал: «На более сухих почвах, при сравнительно неглубоком залегании уровня грунтовой воды сосна дает стержневой тип корневой системы, а при условии очень глубокого залегания грунтовой воды — поверхностную корневую систему».

Данные наших исследований в известной мере можно поставить во взаимосвязь с высказываниями проф. И. С. Мелехова (относительно ветровальности семенников сосны на месте древнепойменных террас и древних русл на песчаных почвах в бассейне Северной Двины), а также некоторых других авторов для других районов и, в частности, проф. В. Г. Нестерова, А. И. Летковского, А. В. Давыдова и Н. А. Юрре.

Таким образом, к оставлению семенников сосны следует подходить дифференцированно с учетом лесорастительных условий. Если в брусничниковых типах достаточно оставлять 10—15 семенников сосны на 1 га, то в лишайниковых и бруснично-лишайниковых типах это количество должно быть удвоено, так как вероятность отбора семенников сосны с вертикальным расположением стержневого корня уменьшается примерно в два раза (31% и 79%).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Качинский Н. А. Изучение физических свойств корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях. Сельхозиздат, 1930. Мелехов И. С. Концентрированные рубки и возобновление в бассейне Северной Двины. Труды АЛТИ XIII. Родэ А. А. Почвоведение, Гослесбумиздат, 1955. Сабанин Д. А. Физиологические основы питания растений. Изд-во Академии наук СССР, 1955. Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов леса. Госсельхозиздат, 1930. Гольский А. П. К вопросу о влиянии типа почв на строение корней сосны. Труды опытного лесничества, выпуск II, Спб., 1904. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, 1955. Шиманюк А. П. Развитие корневых систем в связи с особенностями ортандровых прослоек. Доклады АН СССР, т. 61, № 4, 1948.

Поступила в редакцию  
12 октября 1957 г.

## СОВРЕМЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР проф. В. Д. ОГИЕВСКОГО

Г. П. САННИКОВ

Аспирант

(Ленинградская Лесотехническая академия)

История лесокультурного дела ряда европейских стран насчитывает немало случаев неудач и полной гибели искусственно создаваемых насаждений сосны и других пород в результате игнорирования географического происхождения семенного материала. Особенно много недоброкачественных насаждений выявилось в конце XIX — начале XX века в таких государствах, как Германия и Швеция, которые в широких масштабах использовали иностранные сосновые семена неизвестного происхождения. Такие же крупные неудачи с культурами дугласовой пихты были и в США\*.

Заграничные (главным образом, немецкие) семена сосны довольно широко использовались во второй половине XIX — начале XX века и в нашей стране. Вместе с тем и переброска семян внутри страны также производилась, как правило, без учета их местопроисхождения. В 1908 году Лесным департаментом был издан циркуляр, которым предписывалось развернуть промышленные заготовки сосновых семян в северных и северо-восточных, наиболее лесистых, районах страны. Этими семенами предполагалось снабжать чуть ли не все нуждающиеся лесничества, вплоть до южных степных. Крупнейший в то время Богородицкий склад (Тульская губ.) получал семена, главным образом, из Пермской, Архангельской, Костромской, Калужской и Владимирской губерний, а рассылал их во все концы России, в том числе в Волынскую, Бессарабскую, Уфимскую, Тобольскую, Акмолинскую, Семипалатинскую, Екатеринославскую и Таврическую губернии\*\*.

Подобная практика, к сожалению, не полностью изжита и до настоящего времени. В результате наше народное хозяйство теряло и теряет ежегодно многие тысячи кубометров древесного прироста, хотя эти потери и не отражаются ни в каких отчетных документах, ввиду сложности их учета.

Передовые русские лесоводы уже давно осознали всю важность и

\* Э. Пейн. Лесные питомники и семена. М., 1955.

\*\* В. Г. Каппер. Семенное дело в лесном хозяйстве СССР. Сб. статей по лесному хозяйству. Изд. Ленинградского сельскохозяйственного института, 1926.

необходимость изучения географических форм главнейших лесообразующих пород и упорядочения переброски семян для обеспечения лесокультурных мероприятий. Еще в 80-х годах прошлого столетия проф. М. К. Турский заложил в Петровском-Разумовском, под Москвой, серию опытных географических культур сосны и ели. Методика постановки этих опытов впервые в мире была построена на строго научной основе. Впоследствии эти культуры были значительно дополнены проф. Н. С. Нестеровым и сейчас они представляют собой уникальные объекты для научных исследований в области проблем лесного семенного дела и лесной селекции.

Однако опыты М. К. Турского не могут способствовать как решению вопроса о классификации сосновых и еловых климатипов, так и практически приемлемому районированию заготовок и переброски семян, поскольку они заложены только в одном географическом пункте и не охватывают всего многообразия природных условий Европейской территории СССР и других стран, из которых были завезены семена.

Гораздо более важное значение для этих целей имеет обширная система географических культур, созданная на территории Европейской части нашей страны в 1910—1916 годах под общим руководством и при активном участии проф. В. Д. Огиевского.

Приступая к осуществлению своего плана постановки больших опытов с географическими культурами сосны, ели, лиственницы и дуба, В. Д. Огиевский в 1909 году разослал нескольким стам лесничих специальное приглашение, в котором просил собрать в хозяйствах определенное количество семян и снабдить каждую партию специальным документом. В этом документе следовало: указать губернию и лесничество, номер квартала и литер участка, время сбора шишек и желудей, способ извлечения и очистки семян, состав материнского древостоя; описать подрост, подлесок и напочвенный покров; указать полноту, возраст, число стволов на десятине, средний диаметр, среднюю высоту; охарактеризовать рельеф и почвенно-грунтовые условия и т. д.

Большинство лесничих охотно откликнулись на это приглашение и каждый из них ежегодно высылал по 100—300 г семян на Центральную контрольную и опытную станцию древесных семян, которой тогда заведовал В. Д. Огиевский. Для опытов использовались и такие семена, из ежегодно присылаемых лесничествами для испытания качества, необходимые данные о происхождении которых были известны.

Все основные сведения о семенах, присылаемых на Контрольную станцию как для опытных целей, так и для испытания качества, заносились в специальные карточки. К сожалению, во время блокады Ленинграда материалы Контрольной станции были утеряны.

Семена, предназначенные для закладки географических культур, высылались В. Д. Огиевским в течение ряда лет в следующие опытные и производственные лесничества: Охтенское (Ленинградская обл.), Брянское (Брянская обл.), Фашевское (Липецкая обл.), Боровое (Чкаловская обл.), Северное (Архангельская обл.), Казанское (Татарская АССР), Заокское (Горьковская обл.), Собичское (Сумская обл.), Никольское (Киевская обл.), Трипольское (Киевская обл.), Лыковское (Горьковская обл.), Велятичское (Минская обл.), Оршанское (Витебская обл.), Городищенское (Пензенская обл.), Цельское (Могилевская обл.), Турское (Волынская обл.), Керенское (Пензенская обл.) и Духовщинское (Смоленская обл.).

Географические посевы желудей были произведены в Казанском, Крюковском (Тульская обл.), Великоанадольском (Сталинская обл.) и Шиповом (Воронежская обл.) лесничествах.

Географические культуры лиственницы сибирской были заложены в Собичском лесничестве.

Опытными географическими культурами В. Д. Огиевского охвачена громадная территория нашей страны, включающая именно ту часть ареала сосны обыкновенной, на которой в настоящее время осуществляется основной объем лесокультурных работ.

Опыты с географическими культурами проводились в трех направлениях:

1) посев семян в питомниках для наблюдения за появлением всходов и развитием сеянцев и с целью получения посадочного материала для школок и постоянных пробных площадей;

2) посадка сеянцев на грядах питомников и в школках с той целью, чтобы в течение первых нескольких лет наблюдать, как идет рост молодых растений в зависимости от географического происхождения семян;

3) закладка постоянных пробных площадей для изучения хода роста и развития насаждений в течение всей жизни опытных культур до наступления спелости.

«Весь этот многочисленный материал, — указывал В. Д. Огиевский, — вообще сгруппирован таким образом, чтобы можно было сопоставить между собой губернии северные, южные, центральные, восточные и западные. Этим сопоставлением имеется в виду выяснить следующие два существенных вопроса лесокультурного дела: 1) можно ли при употреблении семян, полученных из отдаленных районов, выращивать здоровые насаждения, дающие ценную древесину, и 2) представляет ли сосна, растущая в различных областях России, разные географические виды или мы имеем один вид, рост которого варьирует в зависимости от условий местопроизрастания» \*.

О качестве исполнения работ, связанных с закладкой опытов В. Д. Огиевского, можно судить по следующим словам проф. М. М. Орлова, обследовавшего в качестве председателя Постоянной комиссии по лесному опытному делу летом 1914 года Собичское лесничество, где В. Д. Огиевский более 20 лет проводил свои исследования в самых различных областях лесной науки: «...все производящиеся в Собичском лесничестве опытные исследования отличаются тщательностью постановки: в натуре все они закреплены постановкой столбиков с соответствующими №№, а где нужно — и изгородей; для всех пробных площадей имеются планчики, и все записи ведутся на установленных бланках и в полном порядке. Заслуживает быть отмеченным всюду здесь принятый порядок, чрезвычайно облегчающий учет всех опытов» \*\*.

Однако впоследствии события развивались таким образом, что и в Собичском лесничестве и во многих других пунктах от бывшего порядка не осталось и следа, и теперь многие пробные площади по своему состоянию никак не могут явиться объектами научных исследований, а в некоторых местах (Северное лесничество, Никольское лесничество и др.) географические культуры уничтожены начисто.

Тем не менее кафедра лесных культур Лесотехнической академии им. С. М. Кирова располагает сведениями, что во многих местах географические культуры В. Д. Огиевского сохранились полностью или частично в такой степени, что после реставрации первичных планово-

\* В. Д. Огиевский. Деятельность Контрольной и опытной станции семян. Труды по лесному опытному делу в России, Спб., 1914.

\*\* М. М. Орлов. Очерки по организации лесного опытного дела в России. Труды по лесному опытному делу в России. П., 1915.

документальных материалов и восстановления границ постоянных пробных площадей в натуре они могут быть еще неоднократно исследованы и дадут ценные данные для решения актуальных задач лесной науки\*.

В 1954—1956 годах автором настоящей статьи по инициативе и под руководством проф. В. В. Огиевского было проведено детальное исследование всех сохранившихся географических культур в Собичском лесничестве Шосткинского лесхоза Сумской области и в Охтенском учебно-опытном лесхозе Ленинградской области.

Учетные работы производились на инструментально отграниченных участках, занятых отдельными географическими вариантами. Опущенные полосы шириной 8—10 м, прогалины и сильно изреженные участки из перечета исключались.

Всего всесторонне исследовано в Собичском лесничестве 67 и в Охтенском лесхозе 11 участков сосны различного географического происхождения. Кроме таксационных признаков географических культур, анализировались также качественные показатели насаждений (прямоствольность, суковатость, толщина коры), характер плодоношения, протяженность живой части крон, вес и длина хвои, структура корневых систем.

Для более подробного изучения режима роста сосны и зависимости от географического происхождения семян сделан анализ хода роста учетных деревьев в четырех типичных географических вариантах: в казанском, минском, черниговском и вологодском сосняках, которые различаются между собой только происхождением; остальные факторы: время, место и способ культур для них являются одинаковыми. В каждом из четырех указанных вариантов взято для анализа по принципу механического отбора по 20 учетных деревьев, что обеспечило достаточную точность полученных сравнительных данных о росте и развитии исследуемых насаждений.

В географических культурах Собичского лесничества наиболее полно представлены западные районы Европейской части СССР (Латвийская ССР, Литовская ССР, Белорусская ССР, северная часть Украинской ССР) и Польша, в достаточной мере — северные и северо-восточные районы (южная часть Архангельской, Кировской и Пермская обл.), Среднее Поволжье и центральные районы. Несколько географических вариантов представляют Западную Сибирь и Северный Казахстан.

Рельеф участков, занятых опытными географическими культурами, преимущественно ровный, местами полого-волнистый, почва песчаная, слабо подзолистая, свежая и сухая. В напочвенном покрове преобладают ягодники, орляк, злаки, зеленые мхи. Тип условий местопроизрастания  $A_2$  (свежий бор), в отдельных частях с переходом к  $A_1$  (сыхому бору).

Исследования показали, что в Собичском лесничестве сосна из Черниговской губернии (местная) к 40—45 годам имеет наилучшие таксационные признаки. Продуктивность древостоев черниговской сосны соответствует I — Ia классам бонитета.

Основное внимание при анализе материалов было обращено на сравнение средних высот и диаметров географических культур, которые определены с точностью 3—4%.

Высота и диаметр правобережно-украинских (волыньских) и бело-

\* Кафедра лесных культур Лесотехнической академии через «Лесной журнал» обращается ко всем энтузиастам отечественного лесного опытного дела, располагающим какими-либо материалами и сведениями о географических культурах, заложенных в 1910—1916 годах под руководством В. Д. Огиевского, с предложением принять активное участие в выявлении результатов этих опытов и доведении их до конца.

русских (минских, гродненских) сосняков в одних случаях немного меньше, чем местной сосны или равны им, в других — несколько превосходят их, но лишь в виде исключения разница между указанными признаками выходит за пределы точности исследований.

Несколько менее интенсивный, но все же вполне удовлетворительный рост и достаточно высокую продуктивность имеют культуры из Польши, Советской Прибалтики (курляндские, лифляндские), северо-западных, центральных и черноземных районов (псковские, владимирские, тамбовские) и правобережного Поволжья (саратовские, казанские, пензенские). Высота и диаметр указанных сосняков в среднем на 6—8% меньше, чем местной сосны, но в отдельных случаях разница в диаметре между черниговской сосной и некоторыми из этих вариантов достигает 12—15%.

Культуры из левобережного Поволжья (самарская, уфимская сосна) отличаются сравнительно слабым ростом и чрезвычайно низкой густотой древостоев, что с полной очевидностью доказывает недопустимость переброски сосновых семян из-за Волги на запад.

Наиболее сильно отстали в росте культуры северного (Вологодская, губ.), северо-восточного (Костромская, Пермская, Вятская губ.) и уральского (Пермская губ., Шадринское лесничество) происхождения.

Северо-казахстанская (семипалатинская, акмолинская) сосна в опытных культурах погибла около тридцати лет назад почти полностью. С. А. Самофал\* объясняет гибель ее в Собичском лесничестве интенсивным и регулярным обмерзанием побегов последнего года в период сильных морозов.

Сравнение наших данных с данными исследования этих же географических культур, проведенного в начале 20-х годов С. А. Самофалом\*\*, и анализ хода роста учетных деревьев показали, что в продолжении последних двадцати пяти — тридцати лет культуры, неместного происхождения неуклонно повышают темпы роста, а таксационные признаки всех географических вариантов нивелируются и приближаются к значениям их для местной сосны. Эта эволюция происходит тем интенсивнее, чем дальше от места закладки опытов находятся пункты сбора семян. Например, на одной из пробных площадей высота самарской сосны (2,36 м) в 1923 году составляла всего 58% высоты местной сосны (4,0 м), а в 1955 году достигла 86%, самарская — 16,2 м, черниговская — 18,8 м, процент высоты пермской сосны повысился с 52 до 82, курляндской — с 81 до 90 и т. д.

То же самое явление наблюдается и при сравнении диаметров сосняков различного географического происхождения.

Эта тенденция не могла быть вскрыта в достаточной мере исследователями 20—40-х годов, проводившими учетные работы в сравнительно молодых географических культурах и предпринявшими попытки составить схемы районирования заготовок и допустимых перебросок древесных семян.

В географических культурах Собичского лесничества процент живой кроны северных (вологодских) и северо-восточных (пермских, вятских) сосняков в зависимости от густоты древостоя колеблется от 40 до 60. При одинаковой, примерно, густоте процент живой кроны поволжской (казанской, саратовской, пензенской) сосны составляет  $\frac{3}{4}$ — $\frac{4}{5}$ , а

\* С. А. Самофал. Климатические расы обыкновенной сосны (*Pinus silvestris*) и их значение в организации семенного хозяйства СССР. Труды по лесному опытному делу. Вып. I, 1925.

\*\* Там же

сосны из западных, центральных и южных районов в большинстве своем не превышают  $\frac{3}{4}$  процента живой кроны северной и северо-восточной сосны.

Измерение и взвешивание двухлетних хвоинок показали, что средняя длина и вес хвои северной (вологодской) сосны примерно на 30% меньше длины и веса хвои, собранной в сосняках западного (минского), южного (черниговского) и приволжского (казанского) происхождения. Различия между указанными показателями для последних трех географических вариантов совершенно несущественны.

Долговечность хвои, по нашим наблюдениям, не связана с географическим происхождением культур: во всех насаждениях хвоя держится на деревьях три-четыре года.

На основе однократного учета шишек нельзя выявить закономерности плодоношения искусственных сосняков в зависимости от их местопроисхождения; подмечены лишь отдельные характерные моменты. Выяснилось, в частности, что черниговские и минские сосняки, имеющие наиболее интенсивный рост, плодоносят гораздо слабее всех остальных географических вариантов. Наиболее высокий урожай шишек отмечен повсеместно в пермских сосняках. Данные об интенсивности плодоношения остальных географических вариантов отличаются крайней пестротой.

Результаты изучения прямоствольности и суковатости опытных культур дают основание отметить, что северная и северо-восточная сосна в условиях украинского Полесья особенно не отличается по качеству древостоев от остальных географических вариантов, но это заключение требует дополнительной проверки, поскольку рубки ухода могли несколько изменить естественные тенденции климатипов в этом отношении.

Толщина коры исследуемых сосняков повышается прямо пропорционально их диаметрам, местопроисхождение же семян, как нам кажется, мало влияет на толщину и внешний вид коры. Следует лишь отметить, что кора северных и северо-восточных сосен более гладкая и всегда покрыта лишайниками.

Раскопки траншейного типа в Собичском лесничестве показали, что сосна, независимо от географического происхождения, имеет везде двухъярусную структуру корневых систем. Верхний ярус корней распространяется в горизонтах  $A_1 + A_2$  не глубже 15 см, нижний ярус располагается в горизонте  $B_2$ , на глубину от 40 до 60 см. Это дает основание полагать, что в горизонте  $B_1$  песчаных почв Собичского лесничества имеется неблагоприятный режим для жизнедеятельности корней сосны. Стержневые корни начинают ветвиться на глубине около 1 м, расходясь под небольшими углами в глубь почвы.

Таким образом, данные наших исследований позволяют считать, что в районах украинского, левобережного Полесья, находящихся в условиях, сходных с природными условиями Собичского лесничества, допустимо при лесокультурных работах использование сосновых семян, собранных в любом пункте на территории, ограниченной с запада — государственной границей СССР, с севера и востока — реками Западной Двиной и Волгой, и с юга — южной границей островного распространения сосны (по О. Г. Капперу\*). Предпочтение пока следует отдавать семенам из Белоруссии и украинского Полесья.

В Охтенском лесхозе исследованию подверглись сосняки владимирского, московского, орловского, гродненского, олонцкого, вологодского, пермского, вятского, волынского, киевского, польского и тамбовского

\* О. Г. Каппер. Хвойные породы. Гослесбумиздат, М. — Л., 1954.

происхождения. Олонецкая сосна (из Лодейнопольского лесничества Ленинградской обл.) условно считалась местной.

Все географические культуры, заложенные весной 1913 года, размещены на одном участке. Поверхность участка ровная, почва — безвалунная послеледниковая влажная супесь, подстилаемая суглинком. Напочвенный покров состоит из черники, голубики, брусники, кислицы, багульника болотного, иван-чая, седмичника, майника двулистного, подмаренника мягкого, звездчатки лесной, злаков, осок, кукушкина льна и мхов из рода сфагнумов. Тип леса — сосняк черничник-долгомошник.

Средняя высота олонецкого сосняка в 1956 году равнялась 14,3 м, средний диаметр — 14,4 см. Высота всех остальных географических вариантов колебалась от 14,0 до 14,8 м, то есть разница между их высотой и высотой местной сосны не выходит за пределы точности исследований. По диаметру олонецкая сосна несколько уступает орловскому, гродненскому, пермскому, волынскому, польскому и тамбовскому соснякам. Запас стволовой древесины (194 м<sup>3</sup> в переводе на 1 га) ниже запаса орловского, вологодского, вятского и тамбовского; весьма близки или равны запасу местной сосны запасы владимирского, московского, гродненского, волынского и польского вариантов; значительно отстает по запасу от местного сосняка пермского происхождения (из Шадринского лесничества).

Интересно отметить, что процент живой кроны в географических культурах Охтенского лесхоза повышается от северных и северо-восточных вариантов к южным и западным, что не согласуется с данными, полученными в Собичском лесничестве.

Исследование качества древостоев не добавило ничего нового к тому, что было получено в первом объекте. Географические культуры Охтенского лесхоза в общем гораздо прямоствольнее собичских культур.

Наши данные позволяют заключить, что в Ленинградской и окружающих областях допустимо употребление сосновых семян из южных районов Карельской АССР и Архангельской области, а также из Вологодской, Кировской, центральных нечерноземных областей и северных областей черноземной полосы.

Опыт проведенного в 1954—1956 годах исследования части географических культур В. Д. Огиевского показывает, что при широкой организации работ можно получить весьма ценные данные, которые в сочетании с данными исследований старых и молодых культур, а также естественных насаждений в различных географических районах Советского Союза могли бы явиться впоследствии вполне надежным и достаточным основанием для осуществления на строго научной теоретической основе важнейших практических мероприятий по организации промышленных семенозаготовок.

Поступила в редакцию  
22 октября 1957 г.

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЕЛИ (*Picea excelsa* Link.)

В. И. ПЧЕЛИН

Ассистент

(Поволжский лесотехнический институт)

Важнейшей задачей, поставленной перед советским лесным хозяйством на современном этапе его развития, является повышение продуктивности лесов. В ее решении большое значение имеет селекция древесных пород. Широко известна способность ели давать внутривидовые формы, отличающиеся морфологическими и лесоводственными свойствами. Однако строение и свойства древесины ели различных форм изучены еще недостаточно.

В целях ускоренного лесовыращивания, улучшения состава и повышения устойчивости лесов, необходимо, наряду с проведением тех или иных лесоводственных мероприятий, глубже изучать и рационально использовать формовое разнообразие древесных пород. В настоящее время изучением внутривидового разнообразия лесных пород занимается многочисленный коллектив ученых и практиков лесного хозяйства. Это изучение может помочь лесному хозяйству правильно проектировать лесоводственные мероприятия в ельниках с целью повышения их производительности и выращивания древесины высокого качества.

Нами было проведено исследование физико-механических свойств древесины форм ели обыкновенной. Форма ели устанавливалась по окраске молодых женских шишек: зеленошишечная, красношишечная и переходная. Ель с переходной окраской шишек выделена в особую форму в связи с тем, что в лесу, помимо деревьев с четко выраженной зеленой и красной окраской шишек, имеются деревья, у которых цвет женских шишек является смешанным, красно-зеленым. Возможно, эти ели представляют собой гибриды основных форм.

Ранее подобное разделение было сделано доц. А. Р. Чистяковым при выявлении форм ели на территории учебно-опытного лесхоза Поволжского лесотехнического института им. М. Горького в 1952 году\*.

На основании проведенного обследования еловых массивов пяти лесхозов Марийской АССР установлено, что ели красношишечная и зеленошишечная произрастают совместно, причем ель зеленошишечная

\* Г. И. Зайков, В. М. Рябинин, В. М. Калашников. Морфологические особенности двух форм ели обыкновенной (*Picea excelsa* Link.) в учебно-опытном лесхозе ПЛТИ. Сборник студент. работ ПЛТИ, вып. III, 1956.

в большом количестве встречается на почвах достаточно увлажненных и богатых.

Приуроченность ели зеленошишечной к более увлажненным местам нам пришлось наблюдать и в Мордовской АССР при обследовании ельников Темниковского и Zubовского лесхозов, последний из которых расположен на самой южной границе распространения ели. В этом отношении наши данные по своим результатам совпали с наблюдениями А. В. Москвитина\*.

Господствующее положение в еловых насаждениях Марийской АССР принадлежит ели красношишечной, на долю которой приходится 50—60% всех деревьев. Доля деревьев ели зеленошишечной в насаждении составляет 10—15%, ели переходной — 25—30%.

Для изучения физико-механических свойств древесины форм ели обыкновенной в Сернурском лесхозе Марийской АССР были заложены три пробных площади; на них срублено 51 модельное дерево: ели зеленошишечной — 21, ели красношишечной — 21, ели переходной — 9 моделей. Приводим таксационную характеристику пробных площадей:

Таблица 1

№ проб	Класс возраста насаждения	Полнота насаждения	Средний диаметр в см	Средняя высота в м	Состав насаждения	Бонитет
14	IV	0,80	21,3	20,7	9ЕIII	II
15	"	0,80	19,5	19,5	9ЕIII	"
18	"	0,82	19,5	19,5	9ЕIII	"

Из табл. 1 видно, что все пробные площади были заложены почти в однородных насаждениях и идентичных условиях местопроизрастания. Важно, чтобы все модельные деревья находились в более или менее равных условиях местопроизрастания. Преследуя эту цель, мы основную массу моделей (более 60%) срубили на одной пробе, № 14.

На пробных площадях производился сплошной пересчет деревьев с разделением их на классы по росту и развитию.

Во всех случаях для каждой формы ели было взято равное количество моделей того или иного класса.

Кряжи для изготовления образцов выпиливались длиной 1,8 м на высоте от 1,3 до 3,1 м. Все виды испытаний проводились по правилам ГОСТа 6336-52 «Методы физико-механических испытаний древесины».

Результаты экспериментов представлены в сводной табл. 2.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что ель красношишечная по ряду показателей превосходит как ель зеленошишечную, так и ель переходную, а в двух случаях это различие оказалось статистически достоверным. Так, при испытании на сжатие вдоль волокон степень достоверности между елью зеленошишечной и елью красношишечной равна 3,28 ( $3,28 > 3$ ), при статическом изгибе — 3,46 ( $3,46 > 3$ ). При сжатии вдоль волокон степень достоверности между елью красношишечной и елью переходной равна 7,0 ( $7,0 > 3$ ).

Достоверность различия между елью красношишечной и елью зеленошишечной по объемному весу древесины равна 1,44, то есть меньше 3. Таким образом различие это не вполне доказано, но тенденция к нему все же существует.

\* А. В. Москвитин. Две формы ели на южной границе ее распространения. «Лесное хозяйство» № 3, 1957.

Показатели физико-механических свойств древесины	Ель зеленошишечная						Ель красношишечная						Ель переходная						Достоверность различия между		
	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm \sigma$	$\pm m$	<i>V</i> в %	<i>P</i> в %	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm \sigma$	$\pm m$	<i>V</i> в %	<i>P</i> в %	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm \sigma$	$\pm m$	<i>V</i> в %	<i>P</i> в %	зеленошишеч. и красношишечной	зеленошишеч. и переходной	красношишеч. и переходной
Число годичных слоев в 1 см	141	5,44	1,85	0,16	34,0	2,94	138	5,40	1,62	0,14	30,0	2,60	81	5,42	1,975	0,23	38,0	4,25	0,19	0,10	0,21
Объемный вес в г/см <sup>3</sup>	201	0,43	0,0422	0,003	9,8	0,69	191	0,44	0,0362	0,0027	8,3	0,61	117	0,42	0,014	0,0094	8,7	0,80	1,44	0,80	1,4
Предел прочности при сжатии вдоль волокон в кг/см <sup>2</sup>	94	400,6	36,6	3,68	8,9	0,92	87	420	44,1	4,66	10,5	1,12	40	378	34,6	5,45	9,15	1,44	3,28	3,48	7,0
Предел прочности при статич. изгибе в тангентальн. плоскости в кг/см <sup>2</sup>	82	760	137	15,1	18,0	1,99	84	832	137	14,5	16,1	1,75	57	800	138	18,1	17,2	2,26	3,46	1,69	1,4
Сопrotивление ударному изгибу кг/см <sup>3</sup>	134	0,18	0,0605	0,0052	33,6	2,93	138	0,18	0,0167	0,0014	9,30	0,78	97	0,17	0,0589	0,0059	34,6	3,47	0,00	1,0	0,50
Предел прочности при скалывании в кг/см <sup>2</sup> в радиальной плоскости	41	65,4	22,2	3,47	34,0	5,3	40	66,0	22,2	3,49	33,7	5,3	31	66,0	25,6	4,60	38,8	6,97	0,12	0,10	0,0
Твердость торцовая в кг/см <sup>2</sup> *	93	262	21,8	3,92	8,3	1,5	93	267	25,3	4,54	9,5	1,7	48	264	17,8	5,7	6,74	2,17	1,00	0,29	0,5

Условные обозначения: *n* — число наблюдений; *M* — среднее арифметическое;  $\pm \sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\pm m$  — средняя ошибка среднего арифметического; *V* — коэффициент изменчивости; *P* — показатель точности наблюдений; *md* — достоверность различия между двумя рядами наблюдений,  $md = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$ .

\* Образцы для испытания на торцовую твердость брались в периферической части ствола.

Отсутствие статистически достоверных различий по некоторым показателям, вероятно, можно объяснить данными условиями произрастания (ельник-зеленомошник). В других типах леса картина может быть несколько иной. Так, например, по данным П. И. Войчала \* механические свойства древесины форм ели, установленные им по типу ветвления в условиях Архангельской области, проявляются по разному в зависимости от типа леса. То же самое ранее было выявлено В. Е. Вихровым \*\* при исследовании физико-механических свойств древесины различных форм дуба в связи с условиями произрастания.

Несколько неожиданны результаты сравнения показателей торцовой твердости. Здесь можно было ожидать, что различия будут достоверными, так как между прочностью при сжатии вдоль волокон и торцовой твердостью, как известно, наблюдается обычно высокая степень связи, однако, достоверность различия подтвердилась только в 68 случаях из 100. Возможно, что это объясняется тем, что образцы для испытания на торцовую твердость удалось взять только из периферической части ствола.

Анатомическое исследование также свидетельствует о том, что древесина ели красношишечной должна обладать более высокими физико-механическими свойствами, чем древесина ели зеленошишечной.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что в целом качество древесины ели красношишечной в условиях Марийской АССР несколько выше по сравнению с соответствующими показателями, характеризующими качества ели зеленошишечной и переходной. Поэтому в Марийской АССР при проведении лесохозяйственных мероприятий в ельниках-зеленомошниках, в частности рубок ухода, следует стремиться к сохранению красношишечной формы ели. К тому же эта форма ели, как показали наши исследования, имеет ряд других явных преимуществ перед елью зеленошишечной: стволы ее более полнокровны и превосходят по объему стволы ели зеленошишечной, абсолютная всхожесть семян выше, кора толще. Красношишечная форма ели количественно преобладает в изученных еловых насаждениях.

Следует отметить, что толщина коры имеет большое лесоводственное значение. Так, по данным А. В. Москвитина \*\*\* в Мордовской АССР на южной границе распространения ели обыкновенной ее зеленошишечная тонкокорая форма страдает от воздействия высоких температур, в особенности при сухих ветрах: кора подсыхает и трескается, что приводит к гибели дерева. В условиях Марийской АССР, расположенной значительно севернее, а также в лесах Мордовской АССР, в более или менее сомкнутых насаждениях с участием ели, нами подобного явления не обнаружено. Однако, более толстая кора ели красношишечной безусловно способствует лучшему перенесению неблагоприятных температур как низких, так и, в особенности, высоких.

\* П. И. Войчалъ. О механических свойствах древесины внутривидовых форм ели. Труды АЛТИ, вып. XVI, 1955.

\*\* В. Е. Вихров. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. Изд. АН СССР, Москва, 1954.

\*\*\* А. В. Москвитин. Две формы ели на южной границе ее распространения. «Лесное хозяйство» № 3, 1957.

## О СПЕЦИАЛЬНЫХ КУЛЬТИВАТОРАХ ДЛЯ УХОДА ЗА ПОСАДКАМИ НА ЛЕСОКУЛЬТУРНЫХ ПЛОЩАДЯХ И В ПИТОМНИКАХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЛЕСХОЗОВ \*

**Г. П. ИЛЬИН**

Кандидат технических наук

**В. И. ВИНОГРАДОВ**

Сотрудник Пушкинской МИС

(Московский лесотехнический институт)

Директивами XX съезда КПСС установлено в течение пятилетия «заложить до трех миллионов гектаров лесов хозяйственно-ценными и быстрорастущими древесными породами». При решении этой задачи необходимо обратить внимание и на конкретные условия работ. Особенно характерны условия площадей, вышедших из-под раскорчевок, или отдельных участков размером 5—10 га. Здесь нет таких удобств для эксплуатации машин, применяемых при выращивании леса и при уходах за ним, как в полезном лесоразведении или при создании защитных лесных насаждений другого назначения.

На таких площадях большое значение приобретает компактность используемого агрегата, его маневренность не только на поворотных полосах (а таковые в условиях лесокультурных площадей минимальны), но и в междурядьях лесных культур при нарушении их прямолинейности.

Сельскохозяйственные прицепные односекционные культиваторы КУТС-2,8, КУТС-4,2 и лесные трехсекционные — КЛТ-4,5Б обладают из-за их прицепных устройств и ширины захвата малой маневренностью и громоздкостью. Культиватор КЛТ-4,5Б в односекционном варианте с укороченной сницей в агрегате с трактором ХТЗ-7 или ДТ-14 дает лучшие результаты. Из применяемых в лесокультурной практике навесных сельскохозяйственных культиваторов (КОН-2,8, КОН-2,3 и т. д.) далеко не все отвечают специфике условий работы.

Испытания культиватора КОН-2,3 (по данным Пушкинской МИС за 1952 год) показывают, что он может проходить над рядками лесных культур не выше 35 см. Кроме того, при непрямолинейных рядках культур

\* Настоящая статья написана авторами по материалам Пушкинской машиноиспытательной станции (МИС), где В. И. Виноградов участвовал в испытании машин и собрал материал для дипломного проекта. Кроме того, для статьи использован материал Г. П. Ильина о Звенигородском механизированном лесхозе.

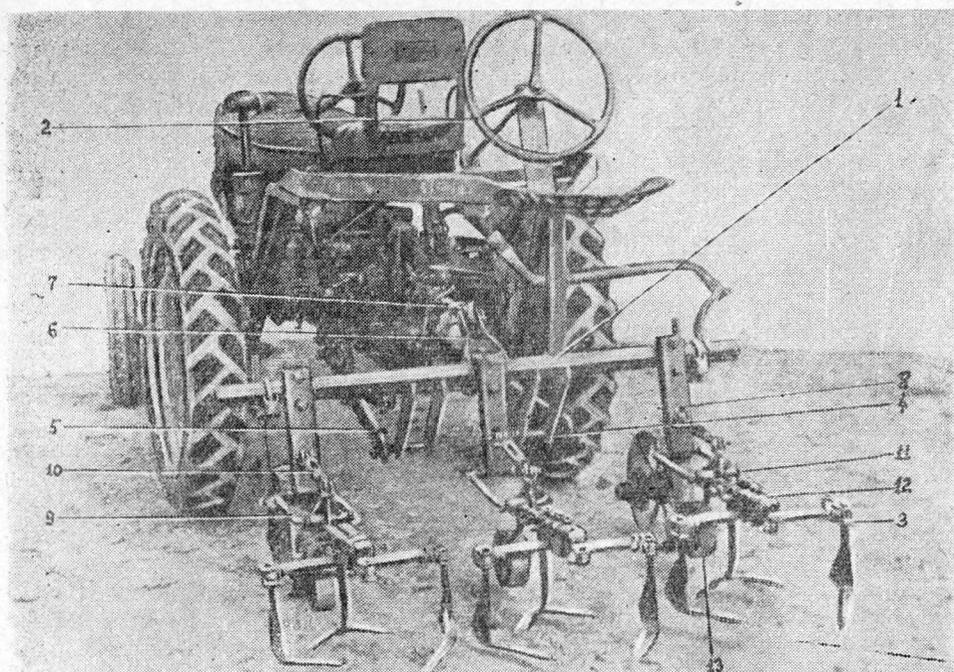


Рис. 1. Лесной культиватор КЛН-1,5 на тракторе ХТЗ-7 (без подкормочного приспособления).

(при ручной посадке) применение культиватора КОН-2,3 возможно только при увеличении защитной зоны обрабатываемых рядков посадок до 180—250 мм, что влечет за собой значительное сокращение обработанной площади и понижение эффективности механизированного ухода в междурядьях.

С учетом особенностей работы культиваторов при уходе за лесными культурами заводом «Красный Аксай» был создан специальный лесной лапчатый культиватор КЛН-1,5, навешиваемый на трактор ХТЗ-7 или ДТ-14. Он был испытан на Пушкинской МИС в 1955 году.

Лесной культиватор КЛН-1,5 предназначен для обработки междурядий и подкормки посадок и посевов в питомниках, а также для уничтожения личинок вредных насекомых путем внесения сухих ядохимикатов при междурядьях 60, 90 и 150 см. Кроме того культиватор может быть использован для нарезки поливных борозд.

Культиватор (рис. 1) состоит из рамы — поперечного бруса 1 с двумя опорными колесами, рулевого управления 2, секций рабочих органов 3 и подкормочного приспособления.

Поперечный брус длиной 1700 мм представляет собой сварную трубу. В средней части бруса снизу приварены кронштейны 4 с цапфами и отверстиями. Цапфы служат для навески рамы культиватора на нижние тяги 5 гидроподъемника. Сверху бруса приварена стойка 6, которая соединяется с верхней тягой 7 гидромеханизма и удерживает брус в определенном положении. Способ присоединения бруса к трактору допускает поперечное смещение бруса относительно трактора, что позволяет направлять рабочие органы по междурядьям с помощью рулевого управления.

Секция рабочих органов крепится к поперечному брусу с помощью кронштейнов и хомутов. Она представляет собой четырехзвенный меха-

низм, состоящий из переднего кронштейна 8, нижнего звена 9, верхнего звена 10 с соединительной гайкой и транспортной тягой и заднего кронштейна 11 с гидрилем 12. В пазу задних кронштейнов каждой секции рабочих органов устанавливается своей стойкой опорный каток 13.

Механизм рулевого управления и сиденье с подножкой для рабочего смонтированы на раме, прикрепленной к трактору при помощи кронштейнов с подкосами.

Культиватор КЛН-1,5 имеет ту же конструкцию, что и культиватор КРН-2,8. Основное их отличие заключается в длине бруса и передних кронштейнов — брус у КЛН-1,5 короче, а кронштейны длиннее. Для выполнения операций по уходу культиватор снабжен односторонними плоскоорежущими лапами-бритвами с шириной захвата 150 и 165 мм (левыми и правыми), двусторонними стрелчатými лапами с шириной захвата 260 и 150 мм, рыхлительными лапами-долотами, подкормочными ножами и орудьями.

Междурядная обработка с малыми защитными зонами обеспечивается при помощи рулевого управления, остальные операции — подкормка и нарезка борозд — производятся без рулевого управления.

Подъем культиватора в транспортное положение и опускание в рабочее осуществляется при помощи гидроподъемника трактора.

Испытаниями выявлены следующие достоинства конструкции культиватора КЛН-1,5:

1) Большинство узлов и деталей культиватора такие же, что и у выпускаемого серийно культиватора КРН-2,8.

2) Универсальность — им можно обрабатывать междурядья и проводить подкормку лесопосадок.

3) Хорошая приспособляемость рабочих органов к микрорельефу участков.

4) Наличие рулевого управления позволяет достаточно точно копировать направление рядков и при работе на лесных культурах с малыми защитными зонами (до 8 см) избегать повреждения культур.

5) Увеличенная длина передних кронштейнов и стоек опорных колес дает возможность производить подъем бруса до 60 см и тем избежать повреждения надземной части культуры.

6) Очистка рабочих органов может производиться на ходу культиватора.

7) Наибольшая ширина захвата культиватора — 1700 мм более соответствует условиям работы в питомниках, чем ширина 2300 и 2800 мм в культиваторах КОН-2,3 и КОН-2,8.

Однако имеется и некоторая недоработка конструкции культиватора КЛН-1,5, вполне устранимая; в частности, конструкция секции рабочих органов ограничивает возможность подъема бруса культиватора, а крепление рамы рулевого управления на тракторе вызывает частичную потерю управляемости последним.

Испытания культиватора проводились в основном на второй передаче трактора ХТЗ-7 в лесном питомнике Москворецкого лесхоза, в Тишковском лесничестве Пушкинского мехлесхоза, в Пушкинской МИС и на сельскохозяйственных площадях Московской области. Приводим основные показатели культиватора КЛН-1,5 (на основании испытаний):

Рабочая ширина захвата в м . . . . .	1,5
Число рядов, обрабатываемых машиной . . . . .	3
Ширина междурядий, на которые рассчитана машина, в см . . . . .	60—150
Повреждение культур рабочими органами культиватора в % . . . . .	2,39
Подрезание сорняков в % . . . . .	85÷97

Рабочая скорость в км/час . . . . .	5,29	
Транспортная скорость в км/час . . . . .	12,8	
Производительность за смену (10 часов работы) в га . . . . .	На уходе 3,4 ÷ 4,8 (в зависимости от ширины междурядий; на подкормке — 5,3	
Количество обслуживающего персонала . . . . .	На уходе: тракторист и штурманский; на подкормке: тракторист и вспомогательный рабочий	
Габариты (в рабочем положении) в мм:		
длина . . . . .	с подк. присп. 950	на уходе 1450
ширина . . . . .		1700
высота . . . . .	с подк. присп. 1520	на уходе 1810
дорожный просвет в мм . . . . .	с подк. присп. 380	на уходе 400
Общий вес (с полным комплектом рабочих органов) в кг . . . . .		383
Радиус поворота машины (по следу наружного колеса) в м . . . . .		2,3
Необходимая ширина поворотной полосы в м . . . . .		5
Глубина обработки в см . . . . .		3—15
Норма высева туков в кг/га . . . . .		50—600
Емкость туковывсевающего аппарата в л . . . . .		22

На базе культиватора КЛН-1,5 заводом «Красный Аксай» в 1956 году был создан несколько более усовершенствованный культиватор КЛН-1,5М. Основное его отличие заключается в изменении конструкции управления.

Механизаторы Звенигородского механизированного лесхоза (Московская область) весной 1956 года разработали и применили на уходе навесной лесной дисковый культиватор, который навешивается на трактор У-2 или ХТЗ-7 и ДТ-14 (рис. 2).

Культиватор предназначен для ухода в междурядьях посадок в питомниках, но может быть применен и на лесокультурных площадях. Меха-

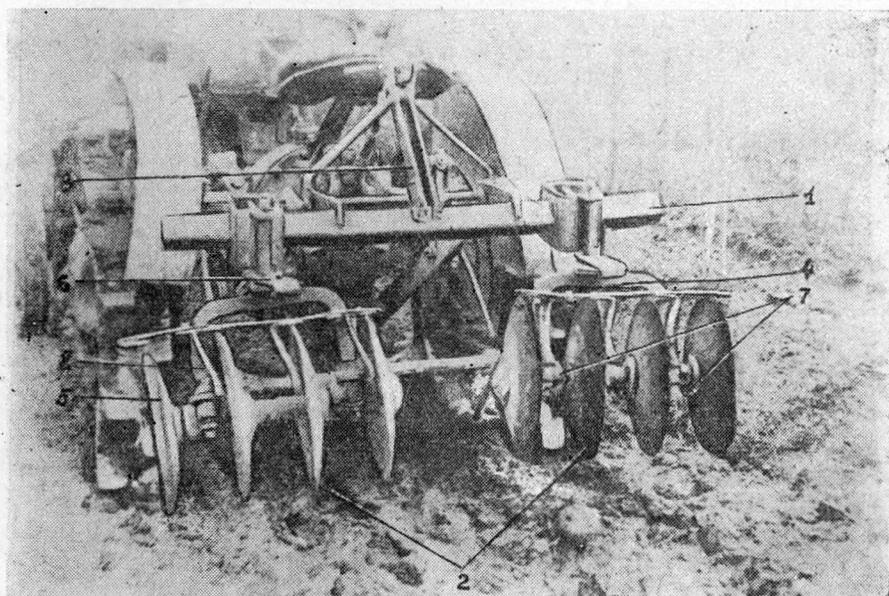


Рис. 2. Общий вид навесного дискового лесного культиватора.

низаторами использованы дисковая батарея однорядной бороны БДМ к трактору СОТ и рама с прицепным устройством культиватора КОИ-2,3, укороченная с обоих концов примерно на 450—500 мм. Монтаж батареи на раме культиватора довольно прост и не вызывает особых затруднений.

Культиватор состоит из рамы 1 с прицепным устройством и дисковой батареи 2. Рама представляет собой полый квадратный брус, сваренный из двух уголков, сечением  $65 \times 65 \times 6$ .

К средней части бруса приварена рамка 3 прицепного устройства. Рамка состоит из двух стоек, образующих наверху вилку, при посредстве которой к раме присоединяется верхнее тяговое звено трактора, двух подкосов и оси прицепа, к которой присоединяются два нижних тяговых звена трактора.

Дисковая батарея состоит из двух секций, в каждой секции 4 по четыре диска 5 диаметром 420 мм. Дисковые секции прикреплены к брусу рамы культиватора двумя передвижными, регулирующими захват культиватора, кронштейнами 6.

Рабочими органами дисковых секций являются вогнутые сферические диски. Каждая секция вращается в двух чугунных разъемных подшипниках 7. Подшипники закреплены на скобе 8, к верхнему краю которой приварена пластина со стойкой. Пластина имеет два ряда установочных отверстий, при помощи которых регулируется угол атаки батареи от 0 до  $30^\circ$ , в результате чего изменяется и глубина обработки (до 10 см).

Переоборудованный таким образом культиватор имеет рабочую ширину захвата 0,9—1,3 м, что позволяет использовать его с большой маневренностью при уходах.

Опыт применения такого культиватора в Галицинском питомнике Звенигородского механизированного лесхоза подтверждает хорошие его показатели.

Уход за междурядьями посадок липы в 1-й древесной школе питомника (ширина междурядий 1,0—1,1 м, шаг посадки 0,5 м) проводился путем прохода по двум междурядьям секциями батареи, причем секции были несколько смещены от центра по брусу с целью пропуска между ними одного рядка посадок.

Во 2-й древесной школе (липа, клен и др.) питомника при уходе на участках с квадратным размещением посадок  $1,7 \times 1,7$  м, движение агрегата производилось перекрестно, а на участках с размещением посадок  $1,7 \times 1,0$  м — только в широких междурядьях.

При обработке широких междурядий дисковым культиватором, чтобы избежать оставления необработанных полос, вполне возможно практиковать вторичный смещенный проход или расположение дисковых секций в культиваторе «всвал».

Кроме того, не представляет трудности и постановка стрельчатой лапы между двумя секциями рабочих органов, как это имеется в однорядной дисковой бороны к трактору СОТ. Обработка междурядий во всех случаях проводится с сохранением защитной зоны обрабатываемых рядков, что при широких междурядьях достигается раздвижением и соответствующей установкой дисковых секций на необходимую величину путем ослабления болтов крепления секции на брусе культиватора.

Такие дисковые культиваторы начали применять при уходах с 1956 года в Подольском и с 1957 года в Солнечногорском механизированных лесхозах. При изготовлении культиваторов в качестве рабочих органов в Подольском лесхозе использовались диски бороны БД-3,4, в Солнечногорском — диски лушильников.

### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Качество работы культиватора КЛН-1,5 удовлетворительное и в основном соответствует агротехническим требованиям как по уходу, так и по подкормке и внесению сухих ядохимикатов.

2. Культиватор КЛН-1,5 может быть рекомендован, принимая во внимание его большую маневренность, для ухода за посадками и посевами в лесных питомниках и частично на лесокультурных площадях лесхозов.

3. В целях сохранения посадок от повреждений при проходе культиватора над рядками при обработке междурядий посадок на лесокультурных площадях необходимо увеличить диаметр опорных катков секций культиватора и, соответственно, длину и прочность стоек рабочих органов.

4. Использование дискового культиватора в механизированных лесхозах позволит частично решить вопрос о применении дисковых рабочих органов в машинах навесного типа в лесных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

Курушин Ф. М. и Русанов С. Г. Механизация ухода за посадками и посевами в лесном хозяйстве. Гослесбумиздат, 1956. Карпенко А. Н., Полевицкий К. А. Сельскохозяйственные машины и орудия. Сельхозгиз, 1956. Капорский В. А. Усовершенствование механизмов в Подольском механизированном лесхозе. «Лесное хозяйство» № 12, 1956. Чудаков Д. А. Основы теории сельскохозяйственных навесных агрегатов, Машгиз, 1954.

Поступила в редакцию  
24 октября 1957 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ*С. К. ЛЕБЕДЕВ*

Доцент

*Е. С. РОМАНОВ*

Ст. преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В. И. Ленин неоднократно указывал на большое значение «проведенного, переработанного, подытоженного практического опыта» в деле социалистического строительства. «Учесть практический опыт, чтобы отбросить вредное, объединить все ценное, чтобы точно определить ряд ближайших практических мер...», — писал Владимир Ильич накануне IX съезда РКП(б) \*.

В течение десяти лет в лесозаготовительной промышленности СССР в качестве средств для подвозки древесины эксплуатировались первые специальные трелевочные тракторы КТ-12 и лебедки ТЛ-3. За это время тракторов КТ-12 было выпущено около 18 тыс. штук и лебедок типа ТЛ-3 — около 2 тыс. штук.

В настоящее время эти трелевочные средства заменяются машинами новых конструкций: тракторами ТДТ-60, ТДТ-40 и лебедками ТЛ-4 и ТЛ-5. Пока еще нет более или менее длительного опыта использования этих машин на производстве, тем не менее уже имеются сигналы о неудовлетворительности ряда их конструктивных и эксплуатационных данных.

Это обстоятельство заставляет пристальней изучить опыт эксплуатации тракторов КТ-12 и лебедок ТЛ-3, тем более, что внедрение новых конструкций не вносит каких-либо коренных изменений в методы, приемы и организацию лесозаготовительного процесса, и все выводы организационного и технологического характера, касающиеся эксплуатации имеющегося оборудования, сохраняют свое значение и по отношению к новым образцам.

В таких условиях было бы неправильным игнорировать накопленный опыт использования лесозаготовительных машин. Наоборот, его нужно всесторонне изучать для того, чтобы предупредить возможные ошибки в будущем. В этом значение настоящей работы.

\* В. И. Ленин. Соч., 4 изд., т. 30, стр. 381.

В настоящей статье изложены результаты изучения сравнительной экономической эффективности трелевочных тракторов КТ-12, трелевочных лебедок ТЛ-3 и Л-19 и погрузочных средств: лебедок ТЛ-1 и кранов УЖКП-1,5 (паровой полутоннажный узкоколейный железнодорожный кран).

Эксплуатация указанных машин изучалась в условиях лесозаготовительного предприятия с узкоколейной железной дорогой при паровозной тяге (Концевогорский леспромхоз комбината «Архангельсклес» и Койгородский леспромхоз комбината «Комилес»). Изучение сравнительной экономической эффективности трелевочных средств выполнено по заданию Центрального научно-исследовательского института механизации и энергетики лесной промышленности.

Экономическая эффективность рассматриваемого оборудования определялась по следующим показателям:

- 1) производительность труда,
- 2) капитальные затраты,
- 3) себестоимость продукции.

### МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными материалами для исследования послужили месячные отчеты по мастерским участкам и месячные отчеты лесопунктов по зарплате. Всего было использовано 78 месячных отчетов мастерских участков и 36 отчетов лесопунктов. Цифровые данные о производительности труда и себестоимости достаточно достоверны, ибо они определены на основании изучения отчетных материалов о работе многих тысяч машино-смен.

Кроме отчетных данных в работе использован метод массовых фотохронометражных наблюдений. Всего на наблюдения было затрачено более 280 часов. Наконец, для подробного ознакомления с условиями работы и проверки правильности их отражения в отчетных материалах (объем хлыстов, расстояния трелевки и др.), а также для проведения фотохронометражных исследований было сделано пять выездов на предприятия, совпадавших по времени с изучавшимися отчетными периодами.

На графиках зависимости выработки на человеко-день основного рабочего от объема стрелеванного хлыста при трелевке тракторами КТ-12 и лебедками ТЛ-3 первоначально было представлено по три линии (для каждого механизма), отражающих влияние объема ствола, расстояния трелевки, почвенно-грунтовых и метеорологических условий, состояния волоков и других факторов в средних, лучших и худших условиях. Однако при окончательной обработке материалов мы сочли возможным дать только линии, отвечающие средним условиям.

Таким образом, приводимый ниже график (рис. 1) характеризует зависимость производительности трелевки тракторами и лебедками только от объема хлыста для расстояний 400 и 200 м при средних условиях.

### ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

Производительность труда, обусловленная применением на предприятиях с узкоколейными железными дорогами различных видов трелевочного и погрузочного оборудования, может быть охарактеризована комплексной выработкой на человеко-день производственного рабочего, включая основных рабочих на трелевке и погрузке и всех вспомогатель-

ных рабочих, обслуживающих эти процессы, в том числе и рабочих по устройству усов и погрузочных пунктов.

Показатели комплексной выработки на человеко-день представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Един. измер.	Концегорский ЛПХ, комплексы			Койгородский ЛПХ, комплексы		
		КТ-12 и ТЛ-1	ТЛ-3 и ТЛ-1	КТ-12 и УЖКП- 1,5	Л-19	КТ-12 и ТЛ-1	ТЛ-3 и ТЛ-1
Среднее расстояние трелевки . . .	км	0,5	0,2	0,5	0,4	0,4	0,2
Запас на 1 га . . . . .	м <sup>3</sup>	113	113	113	113	140	140
Средний объем хлыста (по данным таксации) . . . . .	"	0,23	0,29	0,23	0,29	0,43	0,385
Затраты труда на трелевку и пог- рузку 1000 м <sup>3</sup>							
а) основных рабочих . . . . .	ч./дн.	161	214	201	279	104	96
б) вспомогательных рабочих . . . . .	"	274	279	257	180	97	73
в) рабочих на устройстве усов и погрузочных пунктов . . . . .	"	39	147	44	69	30	75
Итого производственных рабочих . . . . .	"	474	640	502	528	231	244
В % к трезозатратам по комплексу ТЛ-3 и ТЛ-1 . . . . .	%	74	100	78,5	82,5	95	100
Комплексная выработка производ- ственных рабочих на чел./день . . . . .	м <sup>3</sup>	2,1	1,55	2,0	1,9	4,3	4,1
% трезозатрат основных рабочих . . . . .	%	34	33	40	53	45	39

Эти данные показывают, что для крупномерных древостоев трактора КТ-12 при среднем расстоянии трелевки древесины 400 м в отношении трезозатрат, связанных с трелевкой, примерно равноценны лебедкам ТЛ-3 (расстояние трелевки 200 м). Переход к централизованному электроснабжению с сокращением трудоемкости производства 1 квч электроэнергии, мог бы изменить соотношение трезозатрат в пользу лебедок ТЛ-3. При трелевке же в маломерных древостоях применение тракторов КТ-12 даже при расстоянии 500 м дает значительную экономию труда, по сравнению с лебедками ТЛ-3.

Следует сказать, что приводимые показатели для лебедок Л-19 на трелевке-погрузке получены на основании сравнительно непродолжительного опыта их использования (I/XII-53—I/IV-54), отражающего только период освоения этого агрегата. Выработка на человеко-день на трелевке-погрузке агрегатом Л-19 в Концегорском леспромхозе за весь 1954 год составила, по сравнению с выработкой при трелевке трактора КТ-12 и погрузке лебедкой ТЛ-1 92%, а за 1955 год уже 105%.

Полученные данные говорят также о неэкономичном использовании вспомогательных рабочих на трелевке и рабочих на строительстве усов и погрузочных пунктов.

Кроме указанного общего вывода относительно производительности труда при использовании изучавшегося трелевочного и погрузочного оборудования могут быть сделаны некоторые частные выводы.

Существенно важный вывод заключается в том, что если взять выработку на одного основного рабочего, без учета выработки вспомогательных и подсобных рабочих, то при объеме стрелеванного хлыста до 0,2—0,3 м<sup>3</sup> выработка с применением лебедок ниже, чем выработка при использовании тракторов, а при объеме хлыста больше 0,2—0,3 м<sup>3</sup> выработка с применением лебедок выше выработки тракторов.

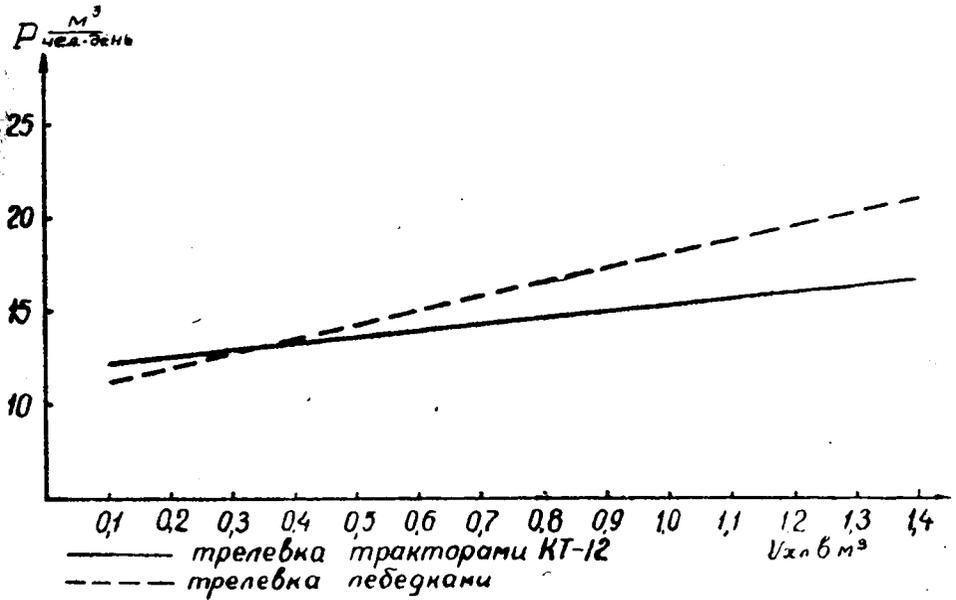


Рис. 1. Выработка на человеко-день при трелевке древесины тракторами КТ-12 и лебедками, в зависимости от объема стрелованного хлыста, в Койгородском леспромхозе.

Эта зависимость имеет прямолинейный характер (рис. 1).

Из графика на рис. 1 видно, что при увеличении объема трелеваемых хлыстов (при  $V_{хл}$  больше, чем  $0,3 м^3$ ) производительность лебедок с возвратно-поступательным движением троса возрастает значительно сильнее, чем производительность тракторов.

Объясняется это, по-видимому, следующими обстоятельствами. При увеличении среднего объема хлыста всегда отмечается и существенное увеличение нагрузки на рейс. Увеличение объема вoза для тракторов сопровождается соответствующим снижением скорости движения, для лебедок же с асинхронными электродвигателями возможное снижение скорости весьма незначительно (на 5—10%), а перегрузки по условиям режима работы для лебедок допустимы весьма значительные. Уменьшение скорости движения трактора, имеющее место при больших расстояниях трелевки, больше отражается на производительности, чем незначительное снижение скорости движения троса лебедок при вдвое меньшем расстоянии трелевки. В результате производительность трактора хотя и растет (за счет уменьшения времени на прицепку-отцепку), но значительно медленнее, чем производительность лебедок.

Этот вывод подтверждается результатами работы ряда леспромхозов Архангельской области (в частности Верхне-Лупьинского), а также практикой США, где лебедки преимущественно применяются в крупномерных древостоях.

Представляют интерес показатели выработки основного рабочего на погрузке древесины лебедкой ТЛ-1. Показатель выработки на человеко-день основного рабочего на погрузке древесины лебедкой ТЛ-1 в зависимости от объема погруженного хлыста (по наблюдениям в Койгородском ЛПХ) характеризуется следующими значениями:

$V_{хл}$ в $м^3$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$P$ в $м^3$ на чел. день	26,6	27,7	28,8	30,9	33,1	35,2	37,2

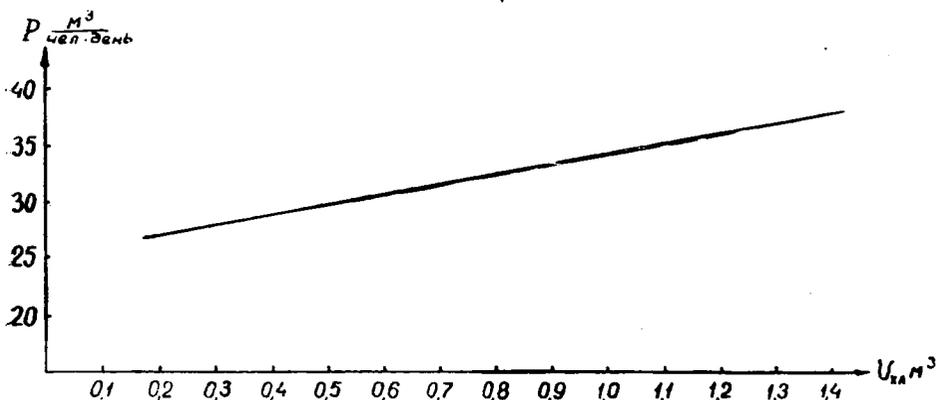


Рис. 2. Выработка на основного рабочего по погрузке древесины лебедкой ТЛ-1 в зависимости от объема погруженного хлыста в Койгородском леспромхозе.

Зависимость имеет прямолинейный характер (рис. 2).

При этом изменение объема хлыста на  $0,1 \text{ м}^3$  дает прибавку выработки на человеко-день примерно в  $1 \text{ м}^3$ .

В результате хронометражных наблюдений выяснилось, что весьма большое значение имеет предварительная чокеровка.

При объеме хлыста  $0,30 \text{ м}^3$  и более предварительная чокеровка хлыстов полностью устраняет простои тракторов.

Что касается сменных собирающих тросов, то их целесообразно применять в том случае, когда, по условиям расстояния трелевки и среднего объема хлыста, чокеровка может быть закончена до прибытия трактора на лесосеку.

Для расстояний трелевки  $300\text{—}700 \text{ м}$  сменные тросы уместны, если время чокеровки меньше  $20\text{—}30$  мин.

При  $V_{\text{хл}}$  до  $0,5 \text{ м}^3$  для чокеровки воя требуется не менее 30 минут, то есть больше, чем время пребывания трактора вне лесосеки. Отсюда следует, что при малых и средних объемах хлыста (до  $0,5 \text{ м}^3$ ) применение сменных собирающих тросов нецелесообразно.

При хлыстах объемом больше  $0,5 \text{ м}^3$  может быть рекомендовано применение сменных собирающих тросов, благодаря чему операция растягивания троса по пасеке и продевания его через кольца чокеров исключается из времени рейса.

Данные хронометражных наблюдений показали, что возможная выработка ( $p$ ) при трелевке тракторами КТ-12 на человеко-день основного рабочего характеризуется в зависимости от объема ствола следующими величинами:

Таблица 2

Показатели	$V_{\text{хл}} \text{ м}^3$							
	до 0,20		0,20—0,30		0,30—0,50		0,50—0,75	
Количество человек в составе трелевочного звена	3	2	3	2	3	2	3	2
$p$ на 1 чел.-день в $\text{м}^3$ при $l_{\text{тр}} = 0,3 \text{ км}$	15,3	16,0	19,7	20,0	24,7	25,5	28,3	29,5
$p$ на 1 чел.-день, в $\text{м}^3$ при $l_{\text{тр}} = 0,7 \text{ км}$	13,3	13,5	15,7	16,5	19,0	20,0	21,0	22,0

Производительность лебедок ТЛ-3 при трелевке с одним комплектом чокеров на человеко-день основного рабочего оказалась равной (состав звена 3 человека):

$V_{\text{хл}}$ в $\text{м}^3$	до 0,20	0,20—0,30	0,30—0,50	0,50—0,75	свыше 0,75
$p$ в $\text{м}^3$ на чел.-день	9,3	10,8	13,0	18,7	21,7

Применение сменных комплектов чокеров на прицепке и отцепке (3 комплекта на лебедку) позволяет увеличить выработку до 19 кубометров на человеко-день при трелевке хлыстов объемом 0,2—0,3  $\text{м}^3$ , и до 25 кубометров на человеко-день — при трелевке хлыстов объемом 0,3—0,5  $\text{м}^3$ . Таким образом, смена чокеров на прицепке и отцепке обеспечивает повышение производительности на 50—90%.

Применение сменных собирающих тросов ввиду малого расстояния трелевки здесь нецелесообразно.

Расчетная производительность лебедки Л-19 в смену при объеме хлыста 0,25  $\text{м}^3$  составляет 100  $\text{м}^3$ . Ей отвечает выработка на человеко-день основного рабочего  $100 : 8 = 12,5 \text{ м}^3$ .

Однако, следует иметь в виду, что в показатель включены затраты труда рабочего по содержанию волоков, тогда как для тракторов и лебедок ТЛ-3 выработка определена с учетом только основных рабочих. Если уравнивать условия, а также принять во внимание, что рабочий-сигнальщик для лебедки Л-19 часто не требуется, также как и разворотчик, то выработка на человеко-день при трелевке лебедками Л-19 превысит показатели для тракторов КТ-12 и лебедок ТЛ-3.

По данным хронометражных наблюдений возможная выработка на человеко-день основного рабочего по погрузке древесины лебедками ТЛ-1 оказались равной:

$V_{\text{хл}}$ в $\text{м}^3$	0,20—0,30	0,30—0,50	0,50—0,75	свыше 0,75
$p$ в $\text{м}^3$ на чел.-день	32,5	42	51	58

Сопоставив полученные величины выработки на человеко-день основного рабочего с фактической выработкой по Койгородскому леспромухозу, мы установили, что в практике еще далеко не исчерпаны возможности лебедок ТЛ-1.

Основной причиной, мешающей повышению производительности до уровня показателей табл. 3, являются в настоящее время задержки и перебои в подаче древесины и грузового состава на погрузочные пункты. При полном же использовании всей рабочей смены вполне реальна выработка на лебедку в 100—150  $\text{м}^3$ .

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

В состав капиталовложений, связанных с эксплуатацией рассматриваемого трелевочного и погрузочного оборудования, входят следующие основные компоненты:

1. Затраты на приобретение трелевочных и погрузочных машин: тракторов КТ-12, лебедок ТЛ-3, лебедок Л-19, погрузочных лебедок ТЛ-1, погрузочных кранов УЖПК-1,5.

2. Стоимость силовых установок, необходимых для питания трелевочных и погрузочных машин электроэнергией.

3. Стоимость зданий и оборудования, необходимых для нормальной эксплуатации рассматриваемых машин (гаражи, ремонтно-механические мастерские, включая станочное и другое ремонтное оборудование, склады горючих и смазочных материалов и др.).

Величина необходимых капитальных затрат на приобретение перечисленных трелевочных и погрузочных машин определена на одну списочную машину с включением доли стоимости силовых установок, а также производственных зданий и различного рода оборудования, принадлежащего на одну машину.

На основании установленной таким образом стоимости на одну списочную машину найдены капитальные затраты на 100 тыс.  $m^3$  трелевки и погрузки для разного вида трелевочных и погрузочных машин.

Так как в действительности в обоих рассматриваемых предприятиях (Концгорском и Койгородском) наличие оборудования далеко не соответствует фактической мощности этих предприятий (оно в значительной мере завышено), то капитальные затраты на 100 тыс.  $m^3$  трелевки и погрузки установлены по существующим нормативам производительности машин.

Цены машин приняты по порайонному прейскуранту для III района (Архангельская область, Коми АССР).

Для ремонта и обслуживания машин на лесозаготовительном предприятии сооружаются гаражи, ремонтно-механические мастерские, топливо-заготовительные базы, склады горючих и смазочных материалов и тому подобные объекты. Часть их предназначается непосредственно для обслуживания одного какого-либо вида машин, например, гаражи на мастерских участках для ухода за трелевочными тракторами. Другие объекты строительства, такие как стационарные ремонтно-механические мастерские, склады горючего предназначены для обслуживания ряда машин. Поэтому капиталовложения на их строительство можно отнести к тому или иному типу машин и механизмов лишь косвенным путем.

Что касается капиталовложений на ремонтно-механические мастерские, то при определении затрат по этим объектам на один списочный трелевочный или погрузочный механизм применен следующий метод. По мощности предприятия и действующим нормам производительности рассчитано количество машин на всех фазах производства. Затем по нормам межремонтных периодов и нормам трудоемкости ремонтов определена необходимая сумма трудозатрат по ремонту оборудования в ремонтно-механических мастерских. Наконец, стоимость ремонтно-механических мастерских распределена между отдельными машинами пропорционально трудоемкости их ремонта.

Расчеты выполнены для двух градаций мощности лесозаготовительного предприятия: а) для предприятия на базе узкоколейной железной дороги с объемом вывозки 250—300 тыс.  $m^3$ , расстоянием вывозки 22 км и средним объемом хлыста 0,25  $m^3$  (применительно к условиям Концгорского леспромхоза) и б) для предприятия на базе узкоколейной железной дороги с объемом вывозки 300—350 тыс.  $m^3$ , при среднем расстоянии вывозки 25 км и среднем объеме хлыста 0,45  $m^3$  (что отвечает условиям Койгородского леспромхоза). В табл. 3 приведены данные о размерах капиталовложений на 100 тыс.  $m^3$ , в процентах (ТЛ-3, комплекс ТЛ-3 и ТЛ-1 приняты за 100%).

Таблица 3

$V_{хл} \cdot m^3$	По отдельным механизмам			По комплексам			
	КТ-12	ТЛ-3	Л-19	КТ-12 ТЛ-1	КТ-12 УЖПК- -1,5	ТЛ-3 ТЛ-1	Л-19
0,25	166	100	112	154	169	100	91
0,45	136	100	106	130	134	100	86

Результаты подсчетов позволяют сделать следующие выводы:

1. Для тракторов КТ-12 показатели капитальных затрат соответствуют расстоянию трелевки 500—600 м. При сокращении расстояния до 300 м выработка на тракторосмену по нормам (а, следовательно, и на списочную машину) увеличивается для объема хлыста 0,25 м<sup>3</sup> до 145% и для объема хлыста 0,45 м<sup>3</sup> до 150%. Капиталовложения на тракторы КТ-12 составляют по отношению к капиталовложениям на лебедки ТЛ-3 при объеме хлыста 0,25 м<sup>3</sup> — 166%, а при объеме хлыста 0,45 м<sup>3</sup> — 136%. Отсюда следует, что с точки зрения сравнительных капиталовложений, для трелевки мелкого леса оказываются более выгодными лебедки ТЛ-3, при трелевке же в крупных древостоях — тракторы КТ-12.

В капиталовложениях по лебедкам ТЛ-3 стоимость самой лебедки (вместе с ремонтно-механическими мастерскими), составляет только 40% всей суммы капиталовложений, а остальные 60% составляют затраты на эксплуатацию передвижных электростанций. Поэтому переход на централизованное электроснабжение должен привести к уменьшению удельных капиталовложений на трелевку лебедками.

2. С наименьшими капиталовложениями связана трелевка лебедками Л-19, особенно если учесть, что расстояние трелевки для них равно 400 м, то есть в два раза больше, чем у лебедок ТЛ-3.

Применение погрузочных лебедок ТЛ-1 требует меньших капитальных затрат, чем применение кранов. Капитальные затраты могут быть сильно сокращены при переходе на централизованное электроснабжение.

### СЕБЕСТОИМОСТЬ ТРЕЛЕВКИ И ПОГРУЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

Себестоимость трелевки древесины изучалась нами для тракторов КТ-12 и лебедок ТЛ-3 по отчетным данным Конецгорского и Койгородского леспромхозов за 1953 год.

Таблица 4

Предприятия	Тип трелевочной машины Тип погрузочной машины	Средний объем хлыста в м <sup>3</sup>	Расстояние трелевки в км Выработка в м <sup>3</sup> на машинно-смену трелевочной машины	Затраты в руб. на 1 м <sup>3</sup>			Итого
				по постройке усов	по трелевке		
					устройство верхнего склада	собственно трелевка	
Конецгорский ЛПХ	КТ-12	0,23	0,4	1,6	0,1	20,3	22,0
	ТЛ-1		22,3				
Койгородский ЛПХ	КТ-12	0,23	0,4	1,6	0,4	20,3	22,3
	УЖКП-1,5		22,3				
Койгородский ЛПХ	КТ-12	0,43	0,4	1,0	0,2	12,9	14,1
	ТЛ-1		42,4				
Конецгорский ЛПХ	Л-19	0,29	0,4	1,6	0,5	19,5	21,6
	ТЛ-3		40,4				
Конецгорский ЛПХ	ТЛ-3	0,29	0,2	3,2	1,4	21,2	25,8
	ТЛ-1		22,8				
Конецгорский ЛПХ	ТЛ-3	0,385	0,2	2,0	0,9	9,6	12,5
	ТЛ-1		45,5				

Себестоимость трелевки лебедками Л-19 определена по отчетным данным Концегорского леспромхоза за 1954 год. При определении себестоимости трелевки лебедкой Л-19 учтено, что часть машино-смены агрегата используется для погрузки древесины и для валки леса электропилами. Во всех исследованных случаях трелевка производилась в хлыстах. В себестоимость трелевки в состав прочих производственных расходов, как известно, включаются и затраты по устройству погрузочных пунктов (верхних складов).

Данные по себестоимости трелевки для тракторов КТ-12 и лебедок Л-19 предварительно были приведены по уравнению  $y = kx + m$  к одинаковому расстоянию трелевки. В результате полная себестоимость трелевки выразилась величинами, приведенными в табл. 4.

Данные табл. 4 позволяют утверждать, что для рассмотренных типов трелевочных средств себестоимость трелевки определяется не ее методом, а объемом трелеваемого хлыста. В крупномерных древостоях при объеме ствола порядка  $0,4 \text{ м}^3$  себестоимость трелевки составляет 60—65% по сравнению с себестоимостью трелевки в маломерных древостоях, объемом ствола порядка  $0,25\text{—}0,30 \text{ м}^3$ .

Расходы по содержанию трелевочной машины за смену и на  $1 \text{ м}^3$  стрелеванной древесины по статьям себестоимости в указанных предприятиях отражены в табл. 5.

Расходы по содержанию трелевочного трактора за смену на обоих изучавшихся предприятиях одинаковы, но так как выработка на машино-смену в Койгородском леспромхозе в два раза больше, чем в Концегорском, то затраты по содержанию трактора на  $1 \text{ м}^3$  стрелеванной древесины в Койгородском предприятии составляют только половину соответствующих затрат Концегорского предприятия.

Расходы по содержанию лебедки ТЛ-3 за смену в Койгородском леспромхозе на 15% ниже, чем в Концегорском, а в пересчете на  $1 \text{ м}^3$  стрелеванной древесины они составляют только 40—45% затрат Концегорского предприятия.

Расходы по содержанию агрегата Л-19 (за вычетом доли затрат, падающих на процессы валки и погрузки) на Концегорском предприятии в пересчете на  $1 \text{ м}^3$  стрелеванной древесины в два раза меньше, чем расходы по содержанию лебедки ТЛ-3. Это объясняется разницей в производительности этих агрегатов.

В себестоимости машино-смены трактора КТ-12 основными затратами являются затраты на ремонт и обслуживание, на топливо и на амортизацию тракторов и других средств труда, связанных с трелевкой древесины\*. Затраты на ремонт и обслуживание машин на Концегорском предприятии составляют 36%, а на Койгородском 40%, затраты на топливо соответственно 32,5 и 22%, и затраты на амортизацию 16 и 14%.

В себестоимости машино-смены лебедки ТЛ-3 80—90% составляют затраты на электроэнергию. Следует отметить, что процент расходов на текущий ремонт и обслуживание лебедки ТЛ-3 в Койгородском леспромхозе в два раза больше, чем в Концегорском (при меньшей удельной величине этих расходов). Это говорит о лучшей постановке ремонтных работ на Койгородском предприятии.

В себестоимости машино-смены лебедки Л-19 основную долю состав-

\* Следует указать, что затраты на амортизацию тракторов в себестоимости машино-смены сильно занижены из-за несоответствия существующей нормы амортизации действительному износу тракторов в условиях работы по трелевке древесины. Действительные затраты на воспроизводство трелевочных тракторов соответствуют норме — 50%, а не 20%, как это принято в настоящее время.

Таблица 5

Предприятие и трелевочный механизм	Стоимость в руб.		В том числе							
	1 — машино-смены кубометра в %	2	основная заработная плата вспомо- гательных рабочих	зараб. плата ИТР и служа- щих	допол- нительные расходы на зарплату	топливо и энер- гия	матери- алы	текущий ремонт и обслужива- ние	аморти- зация	прочие расходы
Концеогорский ЛПХ, КТ-12	1	224,0	6,9	1,3	2,4	72,8	17,1	81,6	34,9	7,0
	2	$\frac{10,1}{100}$	$\frac{0,34}{3,1}$	$\frac{0,06}{0,6}$	$\frac{0,13}{1,2}$	$\frac{3,54}{32,5}$	$\frac{0,83}{7,6}$	$\frac{3,96}{36,3}$	$\frac{1,70}{15,6}$	$\frac{0,34}{3,1}$
Койгородский ЛПХ, КТ-12	1	226	19,0	9,0	3,0	50,0	23,0	88,55	31,3	0,15
	2	$\frac{5,3}{100}$	$\frac{0,45}{8,5}$	$\frac{0,21}{4,0}$	$\frac{0,07}{1,3}$	$\frac{1,18}{22,3}$	$\frac{0,55}{10,3}$	$\frac{2,10}{39,6}$	$\frac{0,74}{13,9}$	— 0,1
Концеогорский ЛПХ, ТЛ-3	1	175	2,2	—	0,3	157,4	2,2	7,6	5,3	—
	2	$\frac{7,7}{100}$	$\frac{0,10}{1,3}$	— —	$\frac{0,02}{0,3}$	$\frac{6,92}{89,8}$	$\frac{0,10}{1,3}$	$\frac{0,33}{4,2}$	$\frac{0,23}{3,1}$	— —
Койгородский ЛПХ, ТЛ-3	1	149	—	—	—	124,5	7,3	12,3	4,9	—
	2	$\frac{4,0}{100}$	— —	— —	— —	$\frac{2,57}{83,3}$	$\frac{0,16}{4,9}$	$\frac{0,98}{8,5}$	$\frac{0,11}{3,3}$	— —
Концеогорский ЛПХ, Л-19	1	140,2	47,1	2,1	13,2	26,1	13,6	14,4	21,3	2,4
	2	$\frac{3,5}{100}$	$\frac{1,18}{33,6}$	$\frac{0,05}{1,5}$	$\frac{0,33}{9,4}$	$\frac{0,65}{18,6}$	$\frac{0,34}{9,7}$	$\frac{0,36}{10,3}$	$\frac{0,53}{15,2}$	$\frac{0,06}{1,7}$

Экономическая эффективность лесозаготовительных машин

ляет расход на заработную плату вспомогательных рабочих: сигнальщика и рабочего по уходу за трелевочными волоками; остальную часть составляют затраты на топливо и на амортизацию лебедки. Лебедка Л-19 по сравнению с другими рассматриваемыми агрегатами, является наиболее экономичной в отношении затрат на топливо.

Себестоимость погрузки древесины определена нами по плановым данным Концегорского леспромхоза за 1954 год. В нашем случае плановые величины расходов правильнее считать характеризующими относительную себестоимость процесса погрузки для различных погрузочных средств, так как отчетные данные объединяют всю фазу вывозки, и разграничение плановых величин вывозки и погрузки возможно только искусственное и грубое.

В таблице приведена себестоимость различных способов погрузки:

Таблица 6

Предприятие и вид древесины	Тип погрузочной машины	Плановая выработка на машиносмену в м <sup>3</sup>	Плановая себестоимость погрузки за 1954 г.				
			на 1 м <sup>3</sup> в руб. %	в том числе в руб. %			
				основная зарплата основных рабочих	содержание машины	прочие основные расходы	накладные расходы
Концегорский ЛПХ — хлысты . . . . .	Л-19	60	4,76	2,05	0,50	1,44	0,77
			$\frac{100}{100}$	$\frac{107}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{117}{100}$	$\frac{100}{100}$
Концегорский ЛПХ — сортименты . . . . .	ТЛ-1	65	5,21	1,92	1,20	1,23	0,86
	УЖКП-		$\frac{109}{109}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{240}{240}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{112}{112}$
	-1,5	75	7,37	2,22	2,52	1,42	1,21
			$\frac{155}{155}$	$\frac{116}{116}$	$\frac{504}{504}$	$\frac{115}{115}$	$\frac{157}{157}$

Цифры, приведенные в таблице, показывают, что из трех рассмотренных средств погрузки наименьшей себестоимостью характеризуется погрузка агрегатом Л-19. Если себестоимость погрузки этим агрегатом хлыстами принять за 100%, то себестоимость погрузки хлыстами лебедкой ТЛ-1 составит 109%, а себестоимость погрузки сортиментов краном УЖКП-1,5—155%.

Из табл. 6 видим, что в Концегорском леспромхозе расход на основную заработную плату основных рабочих приблизительно одинаков для всех исследованных погрузочных средств, колеблясь от 1,9 руб. за 1 м<sup>3</sup> при погрузке в хлыстах лебедкой ТЛ-1 до 2,2 руб. за 1 м<sup>3</sup> при погрузке сортиментов краном УЖКП-1,5.

Наименьшими оказались затраты на содержание машины при погрузке агрегатом Л-19. В доле, отвечающей мощности, потребляемой на погрузку, они составили 0,5 руб. на 1 м<sup>3</sup>. При погрузке лебедкой ТЛ-1 соответствующие затраты, включающие необходимую долю расхода на содержание передвижной электростанции составили 1,2 руб. на 1 м<sup>3</sup>, то есть величина в 2,4 раза большая, чем при погрузке агрегатом Л-19. Наконец, затраты по содержанию парового крана составили на 1 м<sup>3</sup> погруженной древесины 2,5 руб., следовательно, оказались в 5 раз больше, чем расход на содержание агрегата Л-19.

Прочие основные расходы для всех рассмотренных средств погрузки составили на 1 м<sup>3</sup> примерно одинаковую величину, колеблясь от 1,2 до 1,4 руб. (100—117%).

Сопоставляя сумму полных расходов по комплексу — трелевка древесины и погрузка ее рассмотренными средствами, — приходим к выводу, что в условиях обработки маломерной древесины себестоимость трелевки тракторами КТ-12 при расстоянии 400 м и погрузки лебедками ТЛ-1, с одной стороны, и себестоимость трелевки и погрузки агрегатом Л-19 при том же расстоянии, с другой, практически одинакова. Себестоимость трелевки тракторами КТ-12 на расстояние 400 м и погрузки краном УЖКП-1,5 на десять с лишним процентов больше, чем себестоимость трелевки и погрузки агрегатом Л-19 (вследствие возникающих здесь дополнительных затрат труда при погрузке). Себестоимость трелевки лебедкой ТЛ-3 и погрузки лебедкой ТЛ-1 выше, чем себестоимость трелевки и погрузки агрегатом Л-19 примерно на двадцать процентов.

## ВЫВОДЫ

### 1. Производительность труда

Наше исследование показывает, что с точки зрения производительности труда при трелевке древесины в маломерных древостоях значительно выгоднее применение тракторов типа КТ-12, чем применение лебедок типа ТЛ-3. При трелевке в крупномерных (для Европейского севера) древостоях, с объемом ствола порядка 0,4 м<sup>3</sup> и более, разница сглаживается, но переход на централизованное электроснабжение мог бы изменить соотношение трудоемкости в пользу лебедок ТЛ-3.

Использование лебедок ТЛ-1 для погрузки хлыстов обеспечивает существенную экономию труда, по сравнению с использованием в этих целях кранов УЖКП-1,5, при погрузке древесины в сортиментах.

Как показывает анализ хронометражных наблюдений, большие резервы повышения производительности труда заключаются в более рациональной организации производственных процессов. Предварительная чокеровка, применение сменных собирающих тросов, правильный выбор численности рабочего звена и т. д. дадут возможность значительно увеличить выработку рабочих на трелевке и погрузке древесины.

### 2. Себестоимость

Себестоимость трелевки древесины рассмотренными средствами в основном зависит от характера древостоев. При этом для градации мощности трелевочных средств 30—60 л. с. полная себестоимость трелевки маломерной древесины в изучавшихся предприятиях составляет приблизительно 22—26 руб. м<sup>3</sup>, а себестоимость трелевки крупномерной для условий Европейского севера древесины (объем ствола 0,4 м<sup>3</sup> и более) — примерно 12,5—14 руб. м<sup>3</sup>. Себестоимость трелевки лебедками Л-19 может быть снижена путем увеличения их выработки и доведения ее до расчетной величины.

В себестоимости машино-смены трелевочных тракторов КТ-12 основными являются затраты на текущий ремонт и обслуживание машин (30—40%) и затраты на топливо (20—30%). Поэтому важнейший фактор снижения себестоимости эксплуатации трелевочных тракторов заключается в улучшении, упорядочении и удешевлении их ремонта и обслуживания, а также в экономии топлива и связанных с его заготовкой и транспортировкой расходов.

В себестоимости машино-смены лебедки типа ТЛ-3 подавляющую часть (80—90% всех расходов) составляют затраты на электроэнергию (содержание передвижных электростанций). Перевод лебедки типа ТЛ-3 на централизованное электроснабжение может весьма существенно (в 2—3 раза) снизить себестоимость электроэнергии, а следовательно, и конкурентноспособность применения лебедок для трелевки значительно возрастет.

Себестоимость погрузки древесины посредством лебедок ТЛ-1 и Л-19 практически почти одинакова. Значительным источником снижения себестоимости погрузки лебедками ТЛ-1 также может служить удешевление электроэнергии при переводе оборудования на централизованное питание ею. Себестоимость погрузки древесины сортаментами посредством крана УЖКП-1,5, примерно, на 50% выше, чем себестоимость погрузки лебедками ТЛ-1 и Л-19 в хлыстах.

Полученные результаты говорят о том, что все рассмотренные трелевочные и погрузочные механизмы оказались сравнительно малоэффективными. В то же время анализ расчетов производительности агрегатов, в связи с возможностями улучшения организации их работы, показывает большие неиспользованные резервы этих машин.

---

Поступила в редакцию  
11 января 1958 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ КРУГЛЫХ ПИЛ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ДЛЯ ПОПЕРЕЧНОЙ РАСПИЛОВКИ ЛЕСА

Н. В. ЛИВШИЦ

Ассистент

(Уральский лесотехнический институт)

Пиление, как резание последовательно движущимися сложными резцами, с теоретической стороны изучено мало. Имеющиеся в литературе рекомендации по выбору профиля зубьев поперечных круглых пил почти не подтверждаются ни опытными данными, ни теоретическими исследованиями. Действующий в настоящее время стандарт на круглые пилы (ГОСТ 980-53) не отражает возросших требований лесозаготовительной промышленности к пилам большого диаметра, которые широко применяются при разделке хлыстов, дровяного леса и других лесоматериалов.

Целью исследования, проведенного автором, явилось определение оптимальных геометрических параметров зубьев и режима работы круглых пил большого диаметра, предназначенных для поперечной распиловки леса. В качестве критерия оптимальности этих параметров было принято требование наименьшего значения силовых показателей пиления (усилие резания —  $P$ , усилие надвигания —  $P_n$  и удельная работа резания —  $K$ ), а также наибольшей производительности пиления при прочих равных условиях. На рис. 1 схематично представлена вершина несимметричного зуба пилы; за ось  $kx$  принято направление по радиусу пилы, направление оси  $ky$  перпендикулярно направлению надвигания древесины на пилу, а плоскость  $xy$  параллельна стенкам пропила. На схеме обозначены контурные углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\delta$ , характеризующие контур зуба в плоскости  $xy$ ;  $\beta_1$  и  $\beta_2$  — углы боковой заточки передней и задней граней; шаг и высота зубьев соответственно  $t$  и  $h$ , а также углы встречи короткой режущей кромки  $ab$  с направлением волокон: тангентальный —  $\varepsilon'$  и радиальный —  $\varepsilon''$ .

В соответствии с задачей исследования, эксперименты проводились на 12 пилах диаметром 1200 мм и толщиной 4,6 мм с различными геометрическими параметрами зубьев (табл. 1). Из них четыре пилы (№ 1, 2, 3, 6) имели зубья с параметрами, принятыми согласно ГОСТ 980-53, у остальных пил форма и размеры зубьев отличались от стандартных. Это было вызвано необходимостью исследовать зависимость силовых показателей пиления от величины шага зубьев ( $t$ ), и величины

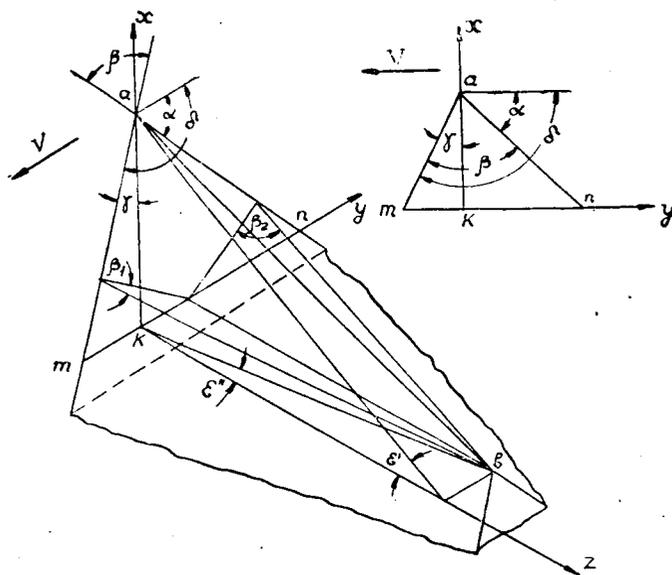


Рис. 1. Основные угловые параметры  
зубьев пил для поперечной распиловки леса.

контурного угла резания ( $\delta$ ). Подготовка пил к работе проводилась в соответствии с существующими требованиями по методам, предложенным А. Э. Грубе. Качество подготовки считалось удовлетворительным при вогнутости средней части пилы в пределах 1,1—1,3 мм, местное вспучивание и коробление допускалось не более 0,3 мм. Отклонение величины шага и высоты зубьев от номинального их значения допускалось в пределах  $\pm 0,2 - 0,3$  мм, а для радиуса пилы  $\pm 0,8$  мм. Развод зубьев был принят 1,2 мм на сторону, с допустимым отклонением  $\pm 0,05$  мм. Проверка величины углов боковой заточки и контурных углов зуба производилась угломером с ценой деления 2'.

Таблица 1

№ п/п.	Шаг зубьев в мм t	Число зубьев в шт.	Высота зубьев в мм h	Контурные углы в градусах				Угол заточки боковой грани		Примечание
				$\delta$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	передней $\beta_1$	задней $\beta_2$	
1	39,3	96	33,0	115	50	25	65	65, 55, 45	90	ГОСТ 980-53
2	"	"	31,0	105	45	15	60	" " "	"	"
3	"	"	25,5	90	40	0	50	" " "	"	Не стандарт.
4	"	"	22,0	85	45	-5	40	" " "	"	"
5	52,4	72	41,0	80	40	-10	40	" " "	"	"
6	62,8	60	54,0	115	50	25	65	" " "	"	ГОСТ 980-53
7	"	"	50,0	105	45	15	60	" " "	90, 65	Не стандарт.
8	"	"	90	90	40	0	50	" " "	"	"
9	"	"	45,0	85	45	-5	40	" " "	"	"
10	"	"	42,5	80	40	-10	40	" " "	" 90	"
11	"	"	38,0	90	40	0	50	" " "	"	"
12	"	"	"	"	"	"	"	" " "	"	Зубчатый венец со ска- львующими зубьями

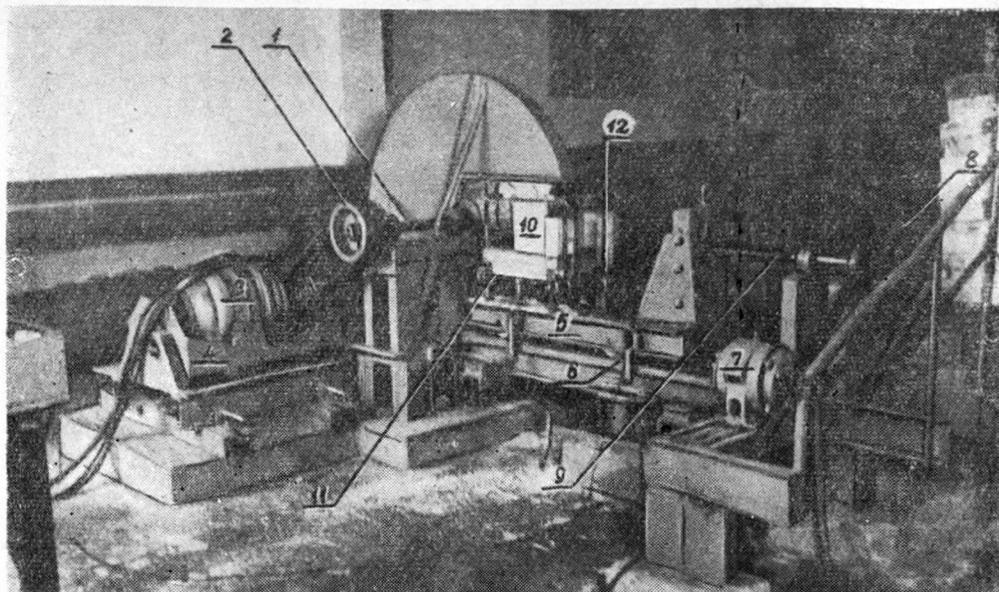


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки.

Опыты проводились на сосновых образцах, пропилены делались в них на расстоянии 80 мм один от другого. Форма поперечного сечения образцов — прямоугольная  $200 \times 200$  мм и  $100 \times 200$  мм, влажность образцов — 27 — 34%, а объемный вес 0,471 — 0,562 г/см<sup>3</sup>.

Для проведения экспериментов автором была сконструирована специальная установка, которая давала возможность с помощью электроизмерительной аппаратуры и осциллографа МПО-2 измерять величину усилий резания —  $P$  и надвигания —  $P_n$ .

Установка (рис. 2) представляет собой круглопильный станок, состоящий из механизма резания и механизма надвигания на пилу распиливаемого материала. Пильный вал 1 механизма резания приводится в движение клиноременной передачей. Сменные шкивы 2 передачи позволяют осуществить три скорости резания — 50, 60 и 75 м/сек. Электродвигатель 3 механизма резания мощностью 20 квт установлен на «качалке» 4; поворот двигателя вокруг оси ротора под действием реакции статора использован для замера усилия резания  $P$ . Для этого к «качалке» прикреплен рычаг, выступающее плечо которого через шаровую головку опирается на консольный упор. По величине деформации этого упора определяется усилие резания  $P$ . Основной частью механизма надвигания является тележка 5, передвигающаяся по специальному рельсовому пути 6. Тележка приводится в движение электродвигателем 7, имеющим мощность 1,7 квт, посредством клиноременной передачи 8 и ходового винта 9.

В результате применения сменных ходовых винтов с различным шагом и сменных шкивов был получен большой диапазон скоростей надвигания: 0,080 — 0,096 — 0,114 — 0,120 — 0,128 — 0,144 — 0,154 — 0,160 — 0,171 — 0,177 — 0,192 — 0,213 — 0,228 — 0,231 — 0,236 — 0,256 — 0,284 — 0,286 — 0,308 — 0,330 м/сек. Это дает возможность сохранять постоянство величины надвигания при изменении скорости резания и шага зубьев. Исследования проводились при трех значениях величины надвигания

на разведенный зуб (на двойной шаг зубьев пилы) — 0,2—0,3—0,4 мм. Распиливаемый образец укрепляется на специальном приспособлении 11, которое установлено на тележке и удерживается от сдвига в осевом горизонтальном направлении упором 12. Усилие надвигания передается на упор, по деформации которого определяется величина этого усилия.

Измерение величины усилия резания  $P$  и усилия надвигания  $P_n$  осуществлялось тензометрическими проволочными датчиками сопротивления, наклеенными на упоры, один из которых воспринимает усилие реакции статора, пропорциональное усилию резания  $P$ , а другой — реакцию усилия надвигания  $P_n$ . До начала экспериментов и периодически, в процессе проведения их, измерительные цепи установки подвергались тарировке. Сравнительно небольшая скорость изменения исследуемых величин позволила применить статическую тарировку цепей, что не сказалось на точности экспериментов (ошибка, примерно, 1—2%).

Были проведены две группы экспериментов. В первой из них определялись оптимальные параметры зубьев, во второй — оптимальный режим работы пилы.

#### УСТАНОВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЬЕВ

Цель исследования заключалась в выявлении зависимости силовых показателей пиления от величин контурного угла резания ( $\delta$ ), углов боковой заточки передней и задней граней ( $\beta_1$  и  $\beta_2$ ), шага зубьев ( $t$ ), а также в выявлении влияния на силовые показатели специальных скальвающих зубьев, то есть зависимостей, позволяющих обосновать выбор оптимального профиля зубьев. Эти эксперименты проводились на образцах с высотой поперечного сечения 200 мм при скорости резания  $V = m/сек$ , при величине надвигания на разведенный зуб  $c = 0,2$  мм и ширине пропила  $b = 8$  мм. Среднее значение измеряемых величин получили на основе 13—16 замеров.

##### а) Зависимость силовых показателей пиления от величины контурного угла резания ( $\delta$ )

Эксперименты проводились на десяти пилах № 1—5 и 7—11 (см. табл. 1) при углах боковой заточки  $\beta_1 = 65^\circ$  и  $\beta_2 = 90^\circ$ . Данные опытов представлены графически на рис. 3. Уменьшение контурного угла с  $115^\circ$  до  $80^\circ$ , то есть, примерно, на 30%, при  $t = 39,3$  мм ( $z = 96$  зубьев) вызвало снижение усилия  $P$  и удельной работы  $K$  на 38%, усилия  $P_n$  на 49%, а отношения  $\frac{P_n}{P}$  на 16%. Уменьшение силовых по-

казателей пиления при уменьшении контурного угла  $\delta$  объясняется различием в стружкообразовании и транспортировке опилок из пропила при разных углах  $\delta$ . При поперечном пилении каждый разведенный зуб пилы осуществляет резание в двух плоскостях: боковая режущая кромка перерезает волокна по стенке пропила, короткая кромка скальвает волокна, формируя дно пропила. Наклон передней грани зуба в направлении движения пилы, имеющий место при контурных углах резания  $\delta > 90^\circ$ , вызывает подпор волокон при перерезании их боковой режущей кромкой. Это приводит к увеличению усилия резания, что и доказываются нашими опытами. Сравнение размеров опилок, полученных при различных контурных углах резания, показывает, что наиболее мелкие опилки получают при наибольшем угле  $\delta = 115^\circ$ ; по мере уменьшения этого угла размер опилок увеличивается, но остается, примерно, одина-

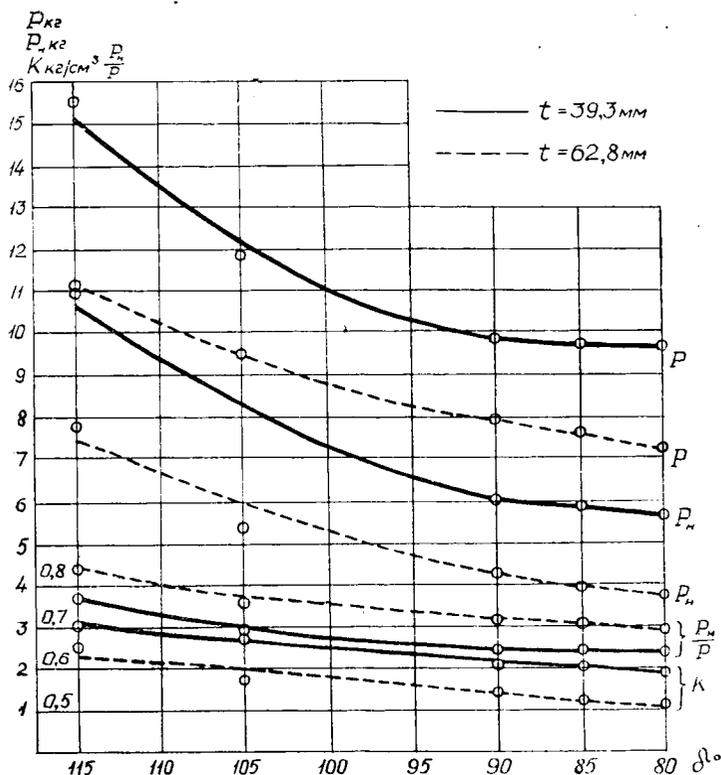


Рис. 3. Зависимость силовых показателей пиления от контурного угла резания  $\delta$  при  $V = 50 \text{ м/сек}$ ,  $c = 0,2 \text{ мм}$ ,  $\beta = 55^\circ$ .

ковым при  $\delta = 85^\circ$  и  $\delta = 80^\circ$ . Это дает основание утверждать, что чрезмерное дробление древесины, имеющее место при больших углах резания, требует увеличения расхода энергии на пиление.

Наибольшее падение значений силовых показателей наблюдается при уменьшении угла  $\delta$  от  $115^\circ$  до  $105^\circ$ ; уменьшение контурного угла от  $90^\circ$  до  $80^\circ$  мало влияет на изменение величины силовых показателей пиления. Если принять во внимание, что при значительном уменьшении контурного угла резания возможно снижение стойкости зубьев против затупления и происходит некоторое уменьшение объема пазухи, то для практики следует считать приемлемыми зубья с контурными углами  $\delta < 90^\circ$  лишь при большом шаге зубьев (60–70 мм), тогда как при малом шаге целесообразнее иметь этот угол в пределах от  $90^\circ$  до  $95^\circ$ .

**б) Зависимость силовых показателей пиления от величины угла боковой заточки передней грани ( $\beta_1$ )**

Эксперименты проводились также на десяти пилах № 1–5 и 7–11 (табл. 1) при  $\delta = 115^\circ - 105^\circ - 90^\circ - 85^\circ - 80^\circ$ ,  $\beta_1 = 65^\circ - 55^\circ - 45^\circ$ ,  $\beta_2 = 90^\circ$ . Опытами установлено, что в большинстве случаев между силовыми показателями пиления и величиной угла боковой заточки передней грани  $\beta_1$  (в пределах  $65^\circ - 45^\circ$ ) существует зависимость, близкая к линейной.

Результаты опытов представлены в следующей таблице:

Таблица 2

$\delta$	$\beta_1$	Шаг зубьев $t = 39,3$ мм				Шаг зубьев $t = 62,8$ мм			
		усилие $P$ кг	усилие $P_{II}$ кг	$\frac{P_{II}}{P}$	удельная работа $K$ в кг·м/с·м <sup>3</sup>	усилие $P$ в кг	усилие $P_{II}$ в кг	$\frac{P_{II}}{P}$	удельная работа $K$ в кг·м/с·м <sup>3</sup>
115	65	16,45	12,38	0,752	4,02	11,49	8,00	0,695	4,48
	55	15,45	10,95	0,709	3,78	11,18	7,75	0,656	4,36
	45	12,93	9,01	0,696	3,16	10,71	6,96	0,651	4,19
105	65	13,29	9,31	0,700	3,24	9,79	6,11	0,625	3,82
	55	11,84	7,98	0,674	2,90	9,42	5,47	0,580	3,68
	45	11,19	7,23	0,646	2,73	9,12	5,25	0,576	3,56
90	65	10,23	6,99	0,675	2,52	8,26	4,60	0,556	3,23
	55	9,85	5,98	0,607	2,42	7,87	4,23	0,537	3,07
	45	9,41	5,60	0,595	2,30	7,61	4,00	0,525	2,97
85	65	10,20	6,35	0,620	2,50	7,99	4,12	0,512	3,12
	55	9,70	5,85	0,603	2,38	7,61	3,88	0,511	2,97
	45	9,32	5,47	0,586	2,21	7,40	3,56	0,482	2,89
80	65	9,85	6,45	0,655	2,40	7,44	3,82	0,514	2,90
	55	9,60	5,59	0,582	2,35	7,18	3,61	0,501	2,81
	45	9,18	5,24	0,570	2,24	6,80	3,24	0,476	2,65

Как видно из приведенных данных, наибольшая зависимость силовых показателей от угла  $\beta_1$  имеет место при контурном угле резания  $\delta = 115^\circ$  и меньше при  $\delta = 80^\circ$ . Эта зависимость больше сказывается у пил с шагом зубьев 39,3 мм, и значительно меньше при шаге зубьев 62,8 мм.

В рамках короткой статьи невозможно осветить физическую сущность указанного явления; следует, однако, заметить, что при пилениях с подпором волокон ( $\delta > 90^\circ$ ) наибольшее влияние на силовые показатели пиления имеет глубина торцовой деформации в подрезанных волокнах. Протяженность торцового смятия волокон находится в зависимости от угла боковой заточки передней грани  $\beta_1$  и с уменьшением его деформация также уменьшается. При  $\delta < 90^\circ$ , когда подпор волокон отсутствует и передняя грань зуба стремится отделить опилки от дна пропила, величина угла  $\beta_1$  передней грани не оказывает на торцовую деформацию большого влияния. Поэтому при  $\delta < 90^\circ$  нецелесообразно затачивать переднюю грань под углами меньшими  $60^\circ$ — $50^\circ$ , так как в противном случае, при незначительном выигрыше в силовых показателях, это повлечет уменьшение стойкости зубьев против затупления. Для пил с  $\delta > 90^\circ$  оптимальными углами боковой заточки передней грани следует считать  $\beta_1 = 40^\circ$ — $45^\circ$ .

#### в) Зависимость силовых показателей пиления от величины шага зубьев $t$ (табл. 1)

Подвергались испытанию пилы № 1, 6, 7, шаг которых соответственно 39,3—52,4—62,8 мм, а угол  $\delta = 115^\circ$ ; пилы № 5 и № 11 с шагом 39,3 и 62,8 мм,  $\delta = 80^\circ$ .

Из результатов исследования, представленных в табл. 3, следует, что усилия резания и надвигания уменьшаются по мере увеличения шага зубьев.

Наиболее резкое уменьшение наблюдается при изменении шага зубьев с 39,3 до 52,4 мм. Известно, что возрастание шага зубьев ведет к уменьшению числа зубьев, одновременно находящихся в пропилах. При  $\delta = 115^\circ$  и  $\beta = 65^\circ$  относительное изменение усилий резания

Таблица 3

Угол боковой заточки $\beta_1$	Шаг зубьев в мм $t$	Угол резания $\delta=115^\circ$				Угол резания $\delta=80^\circ$			
		усилие $P$ в кг	усилие $P_n$ в кг	$\frac{P_n}{P}$	удельная работа $K$ в кгм/см <sup>2</sup>	усилие $P$ в кг	усилие $P_n$ в кг	$\frac{P_n}{P}$	удельная работа $K$ в кгм/см <sup>2</sup>
65	39,3	16,45	12,38	0,752	4,02	9,85	6,45	0,655	2,40
	52,4	12,51	8,84	0,705	4,08	—	—	—	—
	62,8	11,49	8,00	0,695	4,48	7,44	3,82	0,514	2,90
55	39,3	15,45	10,95	0,709	3,78	9,60	5,59	0,582	2,35
	52,4	11,83	8,12	0,686	3,85	—	—	—	—
	62,8	11,18	7,75	0,656	4,36	7,18	3,61	0,501	2,81
45	39,3	12,93	9,01	0,696	3,16	9,18	5,24	0,570	2,24
	52,4	11,21	7,31	0,652	3,59	—	—	—	—
	62,8	10,71	6,96	0,651	4,27	6,80	3,24	0,476	2,65

и надвигания, в основном, соответствует относительному изменению числа зубьев, одновременно находящихся в пропилах. Вместе с тем замечается, что по мере уменьшения  $\beta_1$ , усилия резания и надвигания изменяются значительно меньше. Это явление объясняется тем, что при  $\beta > 90^\circ$  опилки, прижимаясь к дну пропила, благодаря наличию угла боковой заточки  $\beta_1$  попадают в пространство между стенками пропила и пилой, вызывая увеличение трения пилы об опилки. Уменьшение угла  $\beta_1$  при увеличении шага зубьев ведет, следовательно, к увеличению сил трения и падению величины относительного уменьшения  $P$  и  $P_n$ .

При контурных углах  $\beta < 90^\circ$  величина относительного изменения усилия  $P$  и усилия  $P_n$  с увеличением шага зубьев, остается постоянной при всех углах боковой заточки  $\beta_1$ , так как в этих условиях опилки к дну пропила не прижимаются и, в связи с этим, уменьшение угла  $\beta_1$  не оказывает существенного влияния на количество опилок, попадающих между пилой и стенками пропила.

Эксперименты показали также, что с увеличением шага зубьев, несмотря на снижение усилия резания, наблюдается некоторое возрастание удельной работы резания. Такой характер изменения удельной работы является результатом того, что снижение усилия  $P$  отстает по отношению к росту шага зубьев. Это объясняется прежде всего устойчивостью зубьев в работе. Увеличение высоты зубьев, имеющее место при возрастании шага зубьев, приводит к уменьшению жесткости их в поперечном направлении и вызывает большую вибрацию зубьев в работе. Кроме того, рост вибрации зубьев наблюдается при уменьшении угла  $\beta_1$  в связи с тем, что при этом имеет место возрастание поперечной силы, действующей на переднюю грань зубьев. Все сказанное ведет к увеличению сил трения между зубьями пилы и стенками пропила и является причиной малого снижения усилия  $P$  и некоторого роста удельной работы резания. Однако, следует считать целесообразным применение пил диаметром 1200 мм с шагом зубьев 62,8 мм (60 зубьев), так как при этом имеет место уменьшение усилий резания и надвигания.

#### г) Зависимость силовых показателей пиления от величины угла боковой заточки задней грани ( $\beta_2$ )

Эксперименты имели целью выяснить целесообразность заточки задней грани под косым углом. Они проводились на пилах несимметричного профиля зубьев (№ 8, 9, 10), при которых боковая заточка задней

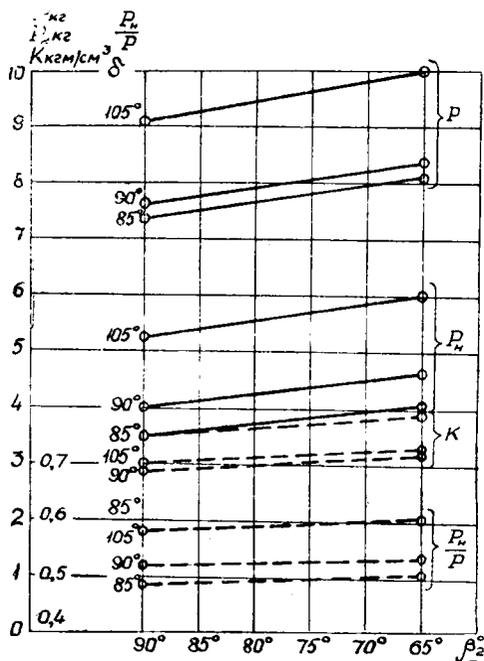


Рис. 4. Зависимость силовых показателей пиления от угла боковой заточки передней грани —  $\beta_1$  при  $V = 50$  м/сек и  $c = 0,2$  мм.

грани не может быть оправдана перестановкой пилы обратной стороной для работы без перезаточки передней грани.

Данные экспериментов, приведенные на рис. 4, подтвердили теоретические предположения о влиянии боковой заточки задней грани на силовые показатели пиления. Уменьшение угла  $\beta_2$  с  $90^\circ$  до  $65^\circ$  увеличивает усилие  $P$  и удельную работу  $K$  на 9,2–9,8%, а усилие  $P_n$  — на 13,2–14,1%, причем большие значения относительного изменения силовых параметров относятся к пилам с контурным углом  $\delta = 85^\circ$ . Уменьшение  $\beta_2$  вызывает изменение углов встречи короткой кромки  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$ , величины которых имеют существенное значение для работы этой кромки и характера стружкообразования. Короткая кромка расположена под углом к направлению волокон и производит сложное резание в трех направлениях (поперечном, продольном и торцовом).

В связи с этим, большое значение имеет величина тангентального угла встречи  $\varepsilon_1$ , характеризующего резание короткой кромкой в торец. Увеличение угла  $\varepsilon_2$ , вызванное уменьшением угла боковой заточки  $\beta_2$  приводит к возрастанию сопротивления резания в торцовом направлении. Рост сопротивления резания в торец не компенсируется некоторым уменьшением его в продольном направлении ( в связи с уменьшением радиального угла встречи  $\varepsilon'$ , что ведет к общему росту силовых показателей пиления. Следовательно, опыты показали нецелесообразность боковой заточки задней грани на пилах с несимметричным профилем зубьев.

#### д) Зависимость силовых показателей пиления от конструкции зубчатого венца пилы

Опыты указанной группы дали возможность сравнить силовые показатели пиления круглых пил с зубьями, одинакового назначения с круглыми пилами, на зубчатом венце которых имеются специальные скальвающие зубья, очищающие дно пропила.

Таблица 4

Зубья	Форма зубьев	Шаг зубьев $t$ в мм	Число зубьев $z$	Условные параметры в градусах				
				$\delta$	$\alpha$	$\beta$	$\beta_1$	$\beta_2$
Режущие	Треугольная	62,8	40	90	50	40	65	90
							55	
							45	
Скальвающие	С ломаной спинкой	188,4	20	70	30	40	90	90

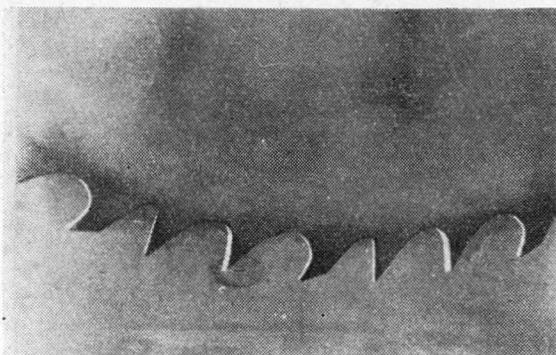


Рис. 5. Зубчатый венец пилы со скалывающими зубьями.

В опытной конструкции геометрические параметры комбинированных зубьев выбраны с учетом характера их работы и результатов предыдущих опытов (табл. 4).

Конструкция и чередование зубьев представлены на рис. 5. Результаты экспериментов (рис. 6) подтвердили целесообразность применения круглой пилы со скалывающими зубьями, так как силовые показатели пиления этой пилы ниже по сравнению с круглой пилой обычной конструкции. Уменьшение силовых показателей пиления объясняется более благоприятными условиями стружкообразования при наличии скалывающих зубьев.

Опилки, полученные при распиловке образцов пилой со скалывающими зубьями, значительно крупнее обычных; длина отдельных частиц достигает 8—9 см при толщине 0,25—0,55 мм.

Относительное уменьшение силовых показателей при наличии скалывающих зубьев увеличивается с уменьшением угла боковой заточки  $\beta_1$  режущих зубьев. В связи с этим, при наличии скалывающих зубьев, оптимальным углом боковой заточки передней грани режущих зубьев следует считать  $\beta_1 = 45^\circ - 40^\circ$ .

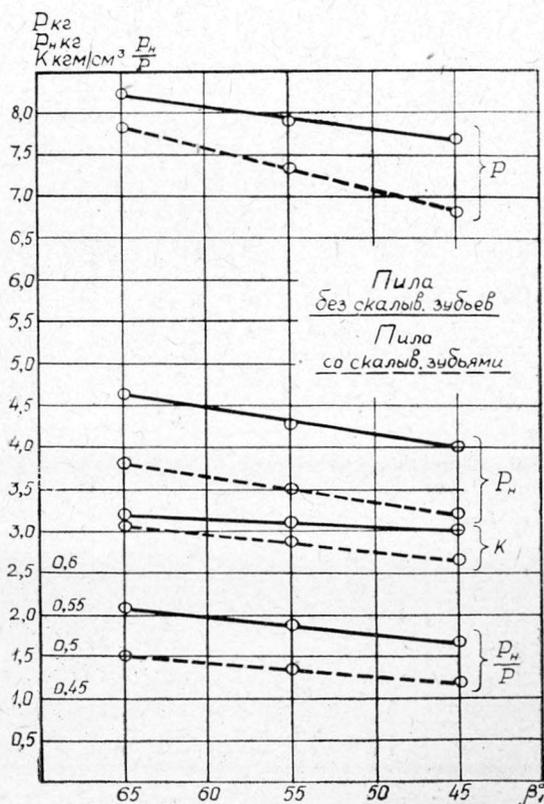


Рис. 6. Зависимость силовых показателей пиления от конструкции зубчатого венца пилы при  $\delta = 90^\circ$ ,  $t = 62,8$  мм,  $V = 50$  м/сек. и  $s = 0,2$  мм.

### УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИЛЕНИЯ ОТ ВЕЛИЧИНЫ НАДВИГАНИЯ НА ЗУБ, ВЫСОТЫ ПРОПИЛА И СТЕПЕНИ ЗАТУПЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ

Вторая группа экспериментов проведена с целью исследования режимов работы пилы, имеющей скалывающие зубья, с общим числом зубьев  $z = 60$ .

#### а) Зависимость силовых показателей пиления от величины надвигания (с) на скалывающий зуб

Вследствие того, что шаг скалывающих зубьев в 1,5 раза больше шага разведенных режущих, величина надвигания на скалывающий зуб в 1,5 раза выше надвигания на односторонний режущий.

Силовые показатели пиления рассматривались в зависимости от способа изменения величины надвигания на скалывающий зуб:

1) изменение скорости резания при постоянной скорости надвигания — 0,08 м/сек. составило три градации надвигания на скалывающий зуб — 0,3—0,25—0,2 мм;

2) изменение скорости надвигания при постоянной скорости резания — 50 м/сек. составило также три градации надвигания 0,3—0,45—0,6 мм;

3) пропорциональное изменение скоростей резания и надвигания сохранило постоянную величину надвигания на зуб — 0,3 мм.

Приводим результаты экспериментов:

Таблица 5.

Скорость резания в м/сек.	Скорость надвигания в м/сек.	Надвигание на скалывающий зуб в мм	Силовые показатели пиления				Примечание
			$P$ в кг	$P_n$ в кг	$\frac{P_n}{P}$	$K$ в кгм/см <sup>3</sup>	
50	0,08	0,3	7,28	3,48	0,478	2,84	Изменялась скорость резания
60	"	0,25	6,11	3,10	0,523	3,02	
75	"	0,2	4,93	2,96	0,601	3,13	
50	0,12	0,45	10,38	4,51	0,435	2,70	Изменялась скорость надвигания
"	0,16	0,6	12,87	5,12	0,398	2,51	
60	0,096	0,3	7,12	3,30	0,463	2,94	Скорость резания и надвигания изменялись пропорционально
75	0,12	0,3	7,03	3,34	0,475	2,96	

Опыты, проведенные на образцах высотой 200 мм и пиле № 12 (табл. 1) при  $\beta_1 = 55^\circ$ , показали, что вне зависимости от способа изменения величины надвигания на зуб, с возрастанием ее, усилие резания и усилие надвигания возрастают, причем рост усилия  $P$  значительно опережает рост усилия  $P_n$ . С увеличением надвигания на зуб — с отношение  $\frac{P_n}{P}$  и удельная работа —  $K$  имеют общую тенденцию к уменьшению, что является результатом уменьшения дробления опилок и сил трения.

Результаты опытов показали также, что силовые показатели пиления независимы от скоростей резания и надвигания, при пропорциональном изменении их.

**б) Зависимость силовых показателей пиления от высоты пропила**

Эксперименты проводились только при радиальной распиловке образцов высотой поперечного сечения 100—200—300 мм.

Таблица 6

Высота пропила в мм	Силовые показатели пиления			
	$P$ в кг	$P_n$ в кг	$\frac{P_n}{P}$	$K$ в кгм/см <sup>3</sup>
100	3,73	1,81	0,485	2,97
200	7,28	3,48	0,478	2,84
300	11,05	5,39	0,487	2,88

Применение пил со специальными скалывающими зубьями, как показывают результаты опытов, приведенные в табл. 6, не нарушают пропорциональной зависимости между высотой пропила и силовыми показателями пиления, которая имеет место и при обычной конструкции зубчатого венца.

**в) Зависимость силовых показателей пиления от степени затупления зубьев пилы**

Затупление проводилось в естественных условиях в процессе распиловки сосновых образцов. Замеры силовых показателей пиления производились после каждых 100 резов, что составляло суммарную площадь пропила в 8 м<sup>2</sup> за час работы пилы.

Опыт проводился на пиле № 12 (табл. 1) со следующими геометрическими параметрами:  $\delta = 90^\circ$ ,  $\beta_1 = 55^\circ$ ,  $\beta_2 = 90^\circ$ ,  $\delta_{ск} = 70^\circ$ , при скорости резания 50 м/сек и величине надвигания на скалывающий зуб — 0,3 мм.

Результаты экспериментов, определенные на рис. 7, показывают, что по мере увеличения степени затупления зубьев все силовые показатели пиления растут непропорционально времени работы. В течение первого часа работы усилие резания и удельная работа  $K$  возросли на 8,7%, а усилие надвигания на 15%; за четвертый час увеличение произошло, соответственно, на 30,7% и 93,9%. Опережающий рост усилия надвигания приводит к увеличению отношения  $\frac{P_n}{P}$ , достигающего к концу четвертого часа работы 0,805. Увеличение силовых показателей пиления по мере затупления зубьев пилы объясняется возрастающим давлением смя-

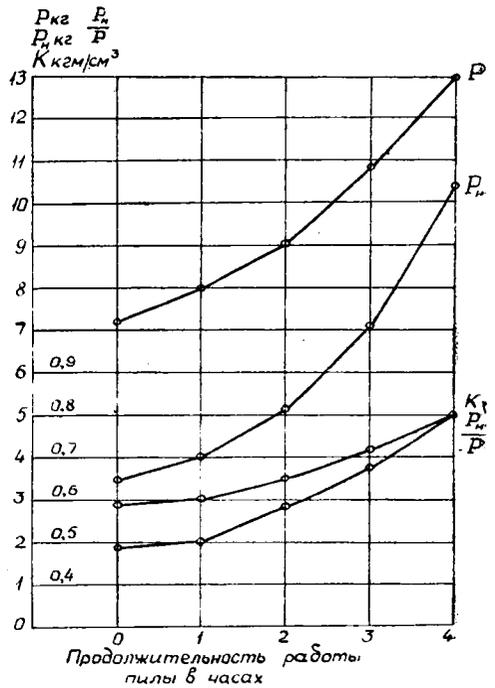


Рис. 7. Зависимость силовых показателей пиления от степени затупления пил.

тых волокон на заднюю и боковые грани зубьев, ростом коэффициента трения, вследствие получающихся неровностей на поверхности обработки, захватом скалывающимися зубьями части неподрезанных волокон из-за недостаточной глубины подрезания их закругленными боковыми режущими кромками и т. д.

Эксперименты этой группы опытов подтвердили целесообразность применения пил со скалывающимися зубьями в производственных условиях, так как они отвечают требованиям производительной работы в течение продолжительного времени без перезаточки зубьев.

Результаты исследования процесса поперечного пиления круглыми пилами большого диаметра дают возможность сделать рекомендацию по выбору геометрических параметров зубьев. Считая, что оптимальные геометрические параметры зубьев и режим пиления будут при наименьшем усилии надвигания, уменьшении мощности, затрачиваемой на пиление, наибольшей производительности пилы и стойкости зубьев против затупления, при малых затратах на подготовку пил к работе для поперечной распиловки хвойных пород, можно рекомендовать следующие параметры зубьев при скорости резания  $V = 65-75$  м/сек и скорости надвигания  $V_n = 0,1-0,15$  м/сек.

Таблица 7

Параметры зубьев	Тип пилы	
	без скалывающихся зубьев	со скалывающимися зубьями
Контурный угол резания:		
а) режущих зубьев $\delta$ . . . . .	90°—85	95°—90°
б) скалывающихся зубьев $\delta_{ск}$ . . . . .	—	70°
Угол боковой заточки передней грани:		
а) режущих зубьев $\beta_1$ . . . . .	60°—50°	55°—45°
б) скалывающихся зубьев $\beta_{1ск}$ . . . . .	—	90°
Угол боковой заточки задней грани:		
а) режущих зубьев $\beta_2$ . . . . .	90°	90°
б) скалывающихся зубьев $\beta_{2ск}$ . . . . .	—	90°
Шаг зубьев в мм $t$ . . . . .	60—70	60—70
Отношение высоты зубьев к шагу их:		
а) режущих зубьев . . . . .	0,7—0,75	0,55—0,6
б) скалывающихся зубьев . . . . .	—	0,8

Поступила в редакцию  
9 декабря 1957 г.

## О ХАРАКТЕРЕ РАБОТЫ ДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

**Н. И. СКРИПОВ**

Кандидат технических наук

**Л. Е. САВИН**

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

В течение последних двух лет предприятиями лесной промышленности начато строительство лесовозных автомобильных дорог с колеи-ным покрытием из сборных железобетонных плит. Эти дороги еще не сданы в эксплуатацию, поэтому пока не имеется опыта их работы.

Колеи лесовозных автомобильных дорог покрываются прямоуголь-ными железобетонными плитами размером  $2,50 \times 1,0 \times 0,16$  м, имеющи-ми 28 продолговатых конических отверстий с закругленными углами.

Плиты изготавливаются из бетона марки «300» с армированием в ви-де каркаса из двух сеток. По проекту на одну плиту расходуется бетона  $0,28 \text{ м}^3$ , арматуры 37 кг, вес плиты — около 700 кг. Сочленение коротких концов плит осуществляется забивкой деревянных брусков сечением  $5 \times 5$  см в квадратную полость, образованную треугольными пазами двух смежных концов. Конструкция и размеры плит рассчитаны для движения автомобилей грузоподъемностью до 7 т.

Работа дорожных плит при разных условиях и нагрузках до сих пор была недостаточно изучена \*. Поэтому в течение 1956—1957 годов в полевых условиях на Хайнозерской автомобильной лесовозной дороге комбината «Онеголес», являющейся одной из первых дорог подобного типа, нами были поставлены эксперименты для выявления характера работы дорожных плит и их стыков, как элементов колесопроводов. При прохождении автомобиля определялись фактические осадки плиты в разных ее сечениях, зависимость величины осадки от скорости движения и положения нагрузки относительно исследуемого сечения, устанавли-валось влияние основания дороги и характера приложения нагрузки на изгиб плиты. Ниже освещаются результаты некоторых опытов.

Опыты проводились в самое неблагоприятное время года (первая декада июня 1957 года) на трех опытных участках. Опытный уча-сток № 1 (ПК 40) был выбран на сухом месте с мелким супесчаным

\* Строительная механика в СССР. Сборник статей-обзоров. М., 1957.

грунтом, имеющим границу текучести 20%. Фактическая влажность грунта в момент проведения опытов была около 10% с небольшими колебаниями в зависимости от глубины залегания.

На глубине 1,30 м обнаружен слой мерзлого грунта толщиной 20—25 см.

Опытный участок № 2 (ПК 45) располагался на сыром месте с временным притоком поверхностных вод и близком залегании грунтовых вод. С одной из сторон насыпи был незначительный подпор весенних вод, вследствие чего откосы насыпи оказались сильно переувлажненными. Насыпь высотой 0,80 м возведена из мелкого супесчаного грунта с границей текучести 26,9%.

При проведении опытов влажность грунта на разной глубине залегания оказалась от 17,8% до 24,6%. На глубине 90 см от поверхности плиты обнаружен мерзлый грунт.

Опытный участок № 3 (ПК 28) был расположен на пологом косогоре с нулевыми отметками. Место увлажняется грунтовыми водами, просачивающимися с нагорной стороны на поверхность земли. Мелкий супесчаный грунт имеет границу текучести 24,6%, а влажность грунта в момент проведения опытов на глубине 50 см была 21,5%. На глубине 80 см обнаружен мерзлый грунт.

Для проведения опытов был взят груженный автомобиль МАЗ-200. Нагрузка распределялась таким образом: на заднюю ось 10 т, на переднюю ось 3,6 т.

Величины осадок плит записывались в трех сечениях (по концам и на середине) вибрографами типа ВР-1. В каждом сечении устанавливалось два прибора по краям плиты друг против друга. На опытных участках № 1 и 2 было выбрано по одной плите на наружном и внутреннем колесопроводах (рис. 1 и 2), на опытном участке № 3 — одна плита наружного колесопровода. Расположение вибрографов на участке № 2 позволяло вести запись осадок концов двух смежных плит. Для отметки положения колеса автомобиля на виброграмме в момент прохождения через исследуемое сечение все опытные плиты имели отметчик положения колеса.

Вибрографы крепились к металлическим штангам, установленным в буровых скважинах глубиной до 2 м. Перемещение плиты передавалось на виброграф с помощью металлической скобки, прочно закрепленной в плите и имеющей выступ, на который опирается штифт прибора. По опытному участку пропускался груженный автомобиль со скоростями 5, 10, 20, 30 и 40 км/час. При каждой скорости движения совершалось пять опытных заездов для записи осадок плит с увеличением фактических перемещений в 2-6 раз.

Весь комплекс условий и особенностей деформации грунтов земляного полотна при действии нагрузки обычно характеризуется модулем деформации грунтового основания. Поэтому одновременно с измерениями осадок плит был определен модуль деформации их основания, величина которого необходима также для сопоставления результатов теоретических расчетов с опытными. Своеобразная конструкция стыкового соединения (шарнир) позволяет рассматривать плиту как прямоугольный штамп. С учетом этого положения модуль деформации определялся по средним осадкам опытной плиты. При этом последняя принималась за жесткую, что можно считать достаточно справедливым только для поперечного направления. Такое допущение могло вызвать ошибку до 15—16%\*.

\* Н. А. Цитович. Механика грунтов. М., 1951.

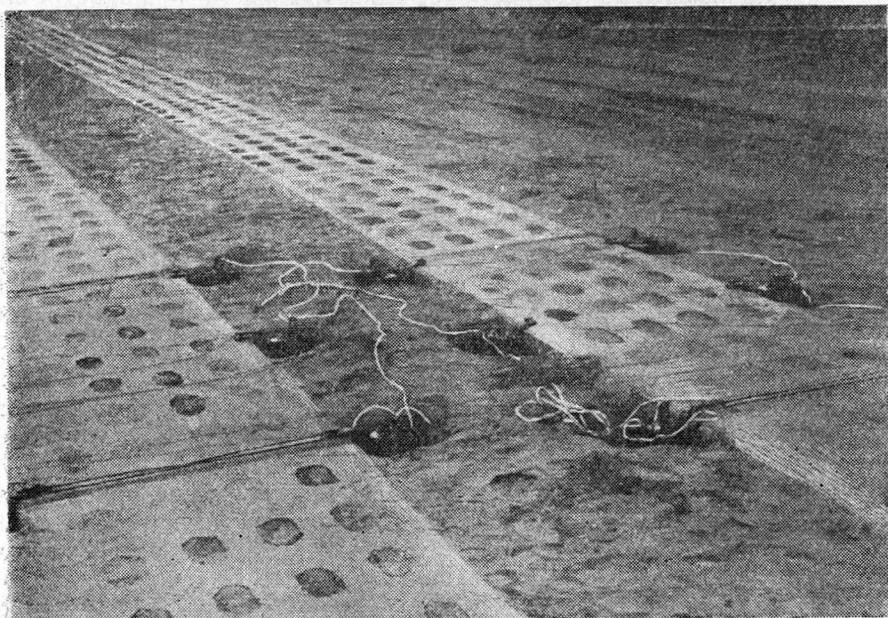


Рис. 1 Установка вибрографов на опытном участке № 1.

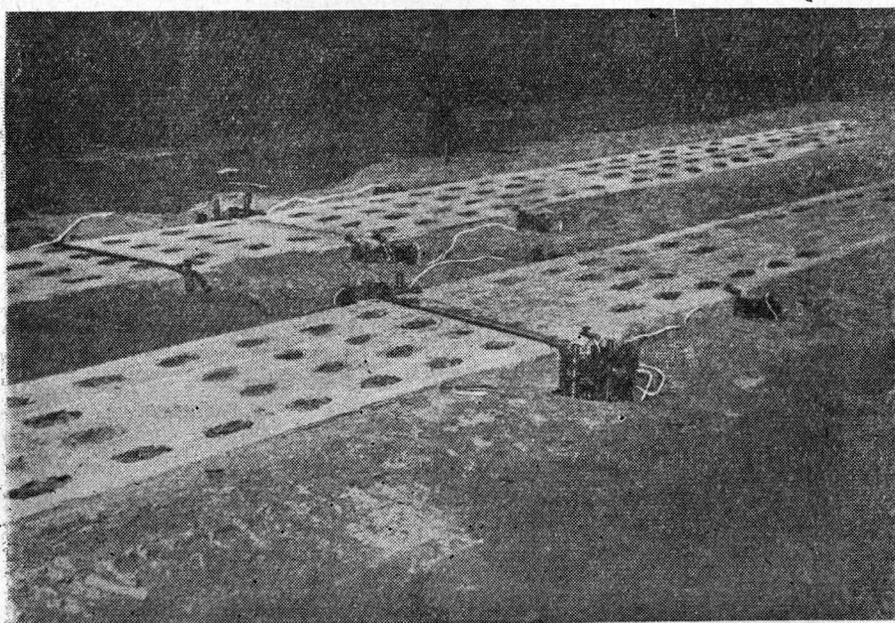


Рис. 2 Установка вибрографов на опытном участке № 2.

Величина модуля деформации была вычислена по формуле средней осадки поверхности упругого полупространства при загрузении по площади прямоугольника<sup>2</sup>.

$$E = \frac{P \cdot b \cdot \omega^1 (1 - \mu^2)}{y_{\text{ср}}},$$

где  $P$  — удельное давление на основание плиты,

$b$  — ширина плиты по основанию,

$\mu$  — коэффициент Пуассона для грунта основания,

$y_{\text{ср}}$  — средняя измеренная осадка плиты,

$\omega^1$  — коэффициент, зависящий от формы загружаемой площади.

Средняя осадка  $y_{\text{ср}}$  подсчитана по правилу трапеции из измеренных осадок в момент нахождения колеса автомобиля на середине плиты. Коэффициент  $\omega^1$ , соответствующий средней осадке всей загруженной площади и зависящий от отношения размеров сторон плиты, принят равным 1,415.

Обработка виброграмм (рис. 3) состояла в измерении осадок и отрыва плит от основания, возникающих под действием передних и задних колес автомобиля при различном их положении относительно исследуемого сечения, а также расстояний от исследуемого сечения до положения заднего колеса при характерных значениях осадок.

Сравнение опытных данных показывает значительную осадку концов плиты по сравнению с серединой, что вполне закономерно. При этом оседание сдающего и принимающего концов неодинаково, осадка последнего больше и превышает осадку середины плиты более чем в три раза. Это явление объясняется ударным воздействием колес автомобиля на принимающий конец плиты в момент перехода стыка, в то время как сдающий конец испытывает нагрузку нормально катящегося колеса. Измеренные величины осадок плит приведены в табл. 1 и 2. Обращает

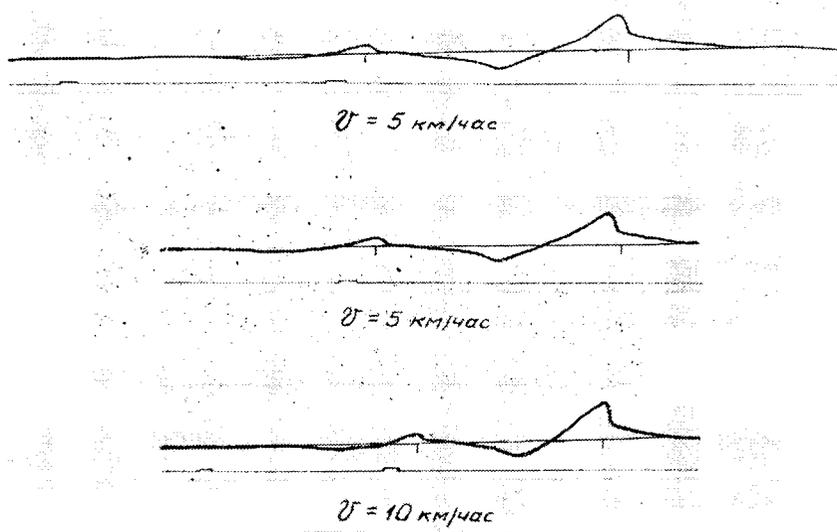


Рис. 3. Виброграмма осадок сдающего конца плит.

на себя внимание неодинаковая осадка плит наружного и внутреннего колесопроводов, что следует объяснить неравномерной работой основания, благодаря наличию мерзлоты в теле насыпи и меньшей плотности грунта на обочинах.

Таблица 1

Средние значения осадок по оси плиты в мм  
из 45—50 замеров по каждому сечению

Опытный участок	Положение сечения по длине плиты					
	наружный колесопровод			внутренний колесопровод		
	середина	сдающий конец	принимающий конец	середина	сдающий конец	принимающий конец
Под задним колесом						
1	0,46	0,63	0,75	0,37	0,33	0,50
2	0,73	1,61	2,18	0,62	1,42	1,73
3	0,58	1,19	1,71	—	—	—
Под передним колесом						
1	0,18	0,28	0,32	0,20	0,15	0,21
2	0,25	0,48	0,99	0,12	0,32	0,40
3	0,15	0,47	0,72	—	—	—

Таблица 2

Максимальные осадки по оси плиты в мм

Опытный участок	Положение сечения по длине плиты		
	середина	сдающий конец	принимающий конец
Под задним колесом			
1	0,55	0,74	0,84
2	0,83	1,85	2,75
3	0,65	1,35	1,95
Под передним колесом			
1	0,23	0,33	0,35
2	0,31	0,65	1,15
3	0,20	0,57	0,80

Под действием заднего колеса автомобиля наблюдается отрыв концов и середины плиты от основания. Величина отрыва зависит от податливости основания, возрастая с увеличением последнего. Отрыв середины плиты незначителен и не превышает 0,30 мм. Наибольшее значение отрыва, достигающее 75% от величины осадки, наблюдается на сдающем конце.

В момент достижения максимальной величины отрыва заднее колесо автомобиля не доходит до исследуемого сечения на расстояние, приблизительно одинаковое для сдающего и принимающего концов плит. В среднем (из 24—30 измерений) это расстояние составляет для сдающего конца плиты 1,93—2,23 м и для принимающего — 1,73—2,27 м. С увеличением скорости движения наблюдается незначительное уменьшение расстояния.

Приведенные данные показывают, что в момент наибольшего отрыва сдающего конца плиты от основания заднее колесо устанавливается.

на принимающем конце этой же плиты сразу после перехода стыка. В это время переднее колесо (база автомобиля 4,52 м) находится в зоне переднего стыка (по направлению движения) смежной плиты. При такой установке колес динамическое воздействие их вызывает значительный отрыв концов плиты от основания. Это создает неустойчивое положение плиты в зоне стыка, в результате чего возможно накопление остаточных деформаций основания и расстройство работы стыкового соединения. Все это говорит о неудачном выборе соотношения между длиной плиты и базой автомобиля.

Положение колеса автомобиля в момент достижения максимальной осадки не совпадает с исследуемым сечением. Наибольшая осадка наступает после прохождения колесом исследуемого сечения, что свидетельствует о запаздывании деформации при подвижных кратковременных нагрузках. По нашим опытам это запаздывание таково, что колесо успевает переместиться за это время в среднем (из 95—120 измерений) на 0,09—0,48 м в зависимости от скорости движения. С повышением скорости движения расстояние возрастает.

Таблица 3

Средние расстояния в м от колеса автомобиля до исследуемого сечения в момент достижения максимальной осадки

Скорости движения в км/час	Положение сечения по длине плиты		
	середина	сдающий конец	принимаю- щий конец
5,0	0,09	0,12	0,08
10,0	0,01	0,17	0,11
20,0	0,22	0,12	0,08
30,0	0,48	0,18	0,09
Среднее для всех скоростей	0,20	0,15	0,09

Изменение величины осадок плит и отрыва их от основания в зависимости от скорости движения автомобиля не улавливаются проведенными опытами (рис. 4). В пределах скоростей, практически применяющихся на лесовозных дорогах (до 40 км/час), осадки плит и их отрыв от основания можно считать постоянными.

Характер изгиба плиты изменяется в зависимости от положения перемещающейся нагрузки. Нагружение принимающего конца (рис. 5) вызывает его максимальную осадку, отрыв сдающего конца на величину, приблизительно равную половине максимальной осадки, и изгиб плиты. При установке колеса на сдающем конце (рис. 6) плита тоже изгибается, но принимающий конец не отрывается от основания или отрывается весьма незначительно. Нагружение середины плиты движущимся колесом автомобиля (рис. 7) вызывает несимметричную осадку: принимающий конец оседает много больше сдающего. Практически осадки сдающего конца близки к нулю и не превышают 0,20 мм, в то время как осадки принимающего конца составляют более одной трети максимальной величины. Такое положение наблюдается для любой скорости движения, в том числе и минимальной (5—6 км/час), когда нагрузку можно считать за статическую.

Отмеченное явление объясняется тем, что для восстановления упругой деформации после снятия внешней нагрузки требуется промежуток времени значительно больший, чем время прохождения колесом автомобиля половины плиты при самых незначительных скоростях движения. За время перемещения колеса от принимающего конца до середины

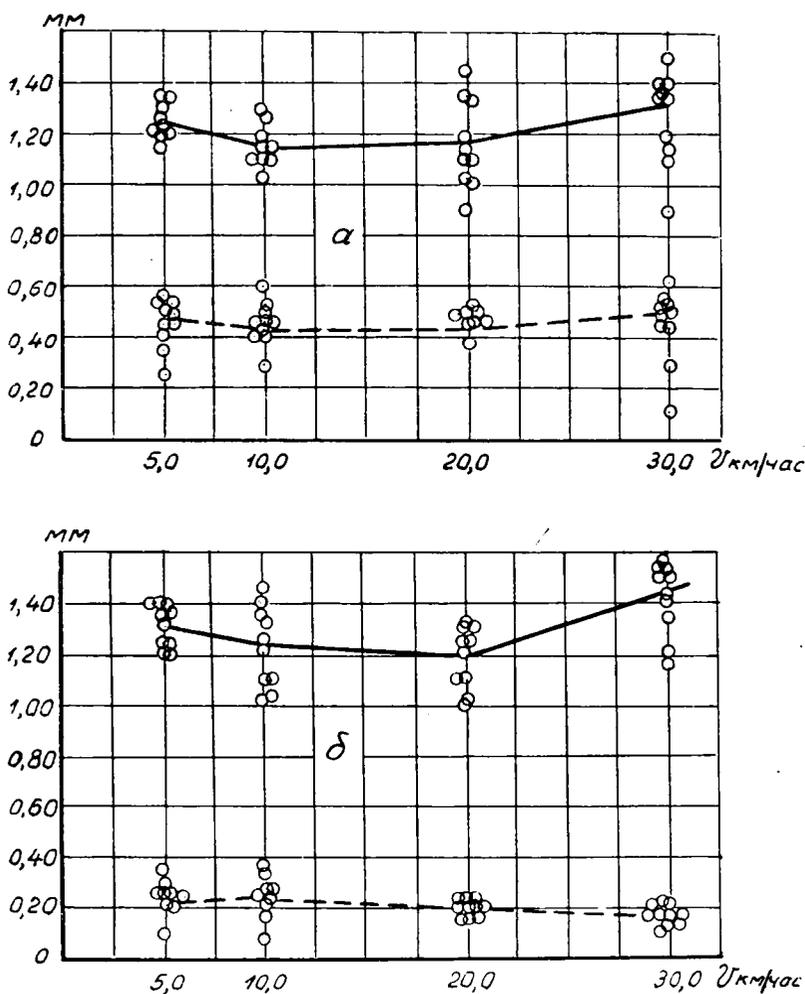


Рис. 4. Опытный участок № 2.

а) — сдающий конец плиты внутреннего колесопровода; б) — принимающий конец плиты внутреннего колесопровода. Сплошной линией показаны осадки, пунктиром — отрыв плиты от основания под задним колесом.

плиты деформация восстанавливается только на 2/3 величины. Характер изгиба плиты при подвижных нагрузках оказывается иным по сравнению с изгибом при статическом нагружении, независимо от скорости перемещения нагрузки.

Результаты опытов показывают, что степень изгиба плиты зависит от податливости основания (рис. 7). На малоподатливом основании плита изгибается сильнее при меньших значениях осадок, а на податливом основании степень изгиба меньшая, хотя осадки значительно больше.

Как было указано раньше, для сопоставления измеренных осадок плит с теоретическими значениями были определены модули деформации основания плит на опытных участках (табл. 4). Обращает внимание значительная величина модуля деформации на первом участке по сравнению с остальными, что следует объяснить состоянием грунта.

Теоретические значения осадок плит вычислены при статическом нагружении по методу проф. Б. Н. Жемочкина для одиночной плиты со

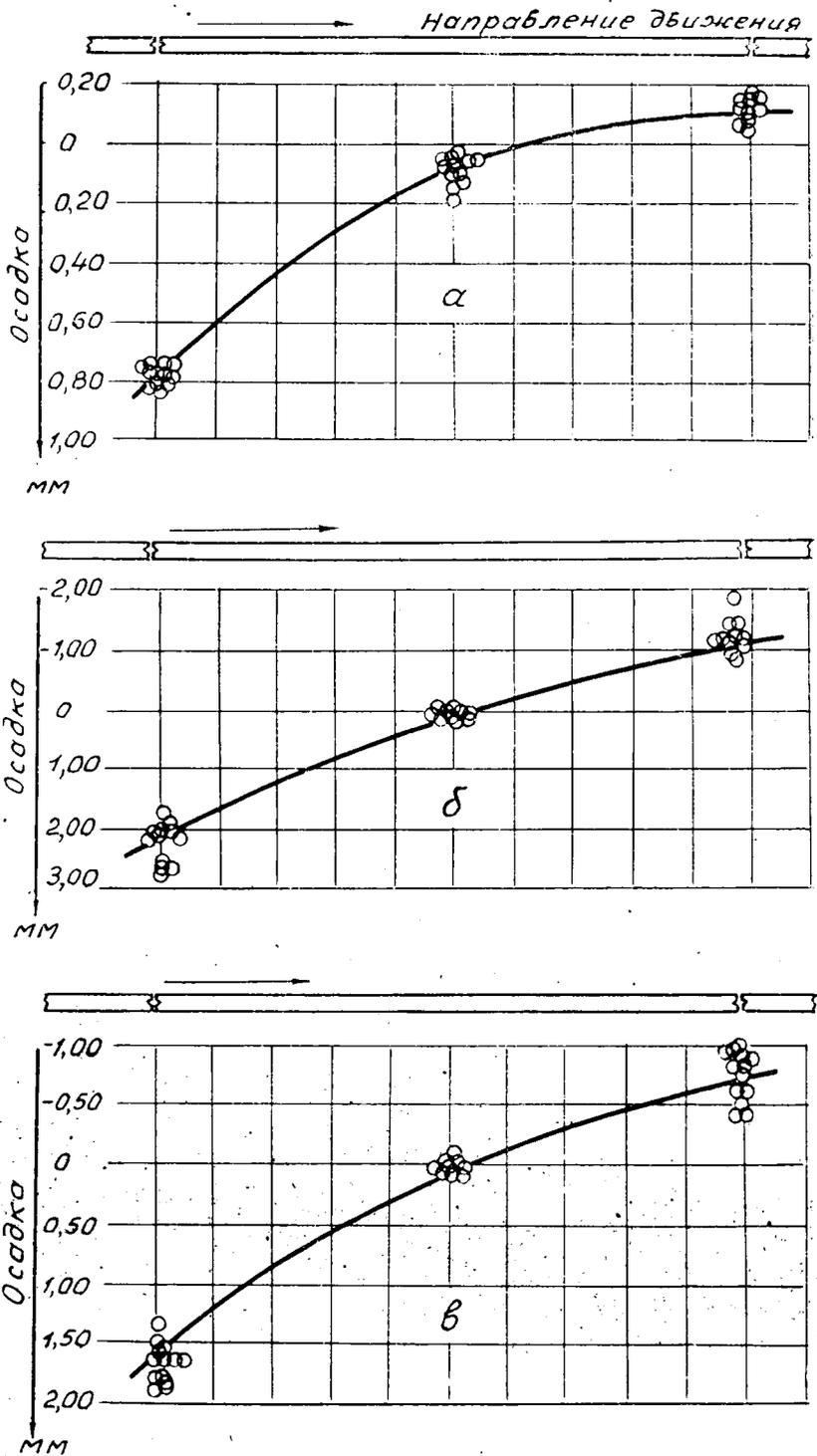


Рис. 5. Осадки плит наружного колесопровода при нагружении принимающего конца задним колесом автомобиля.

$\alpha$  — на опытном участке № 1;  $\beta$  — на опытном участке № 2;  $\gamma$  — на опытном участке № 3.

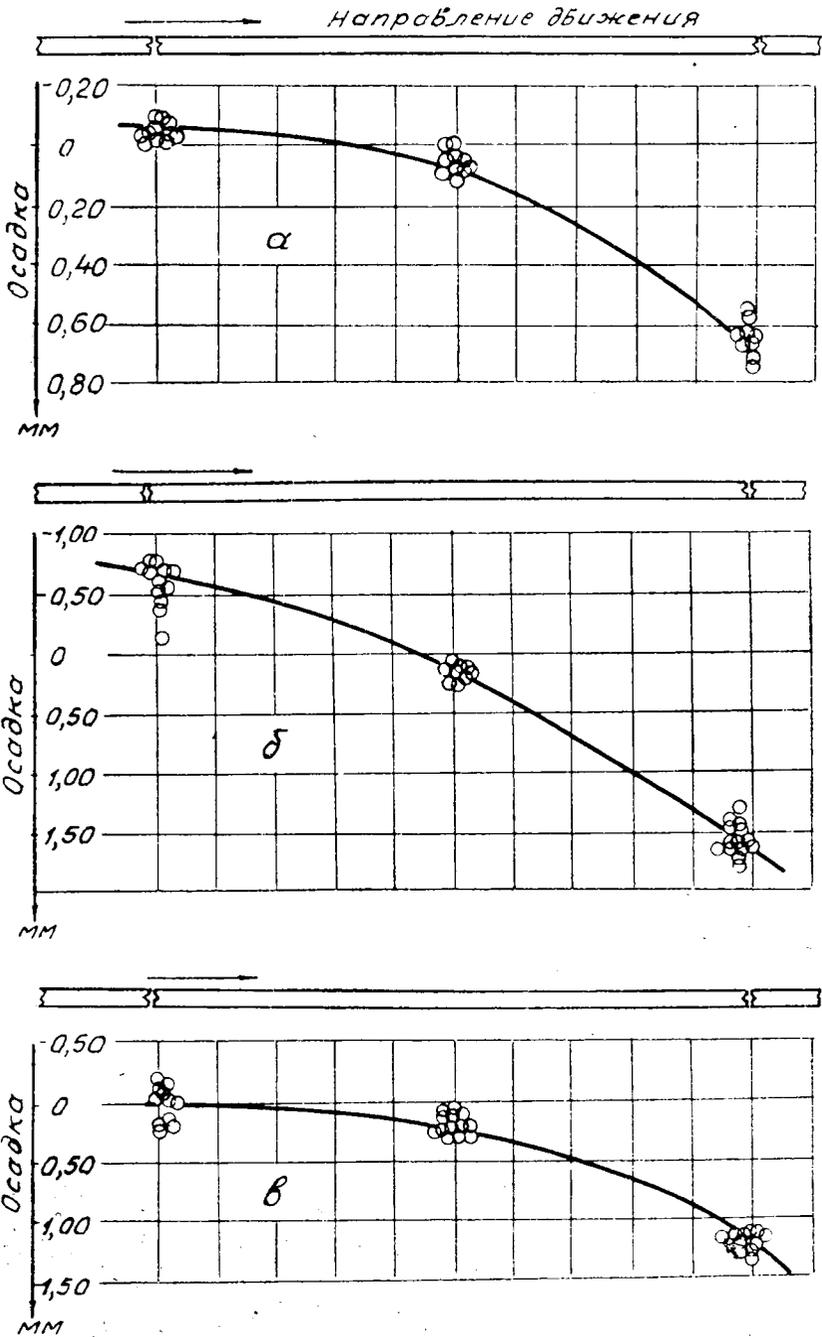


Рис. 6. Осадки плит наружного колесопровода при нагружении сдающего конца задним колесом автомобиля.

а — на опытном участке № 1; б — на опытном участке № 2; в — на опытном участке № 3.

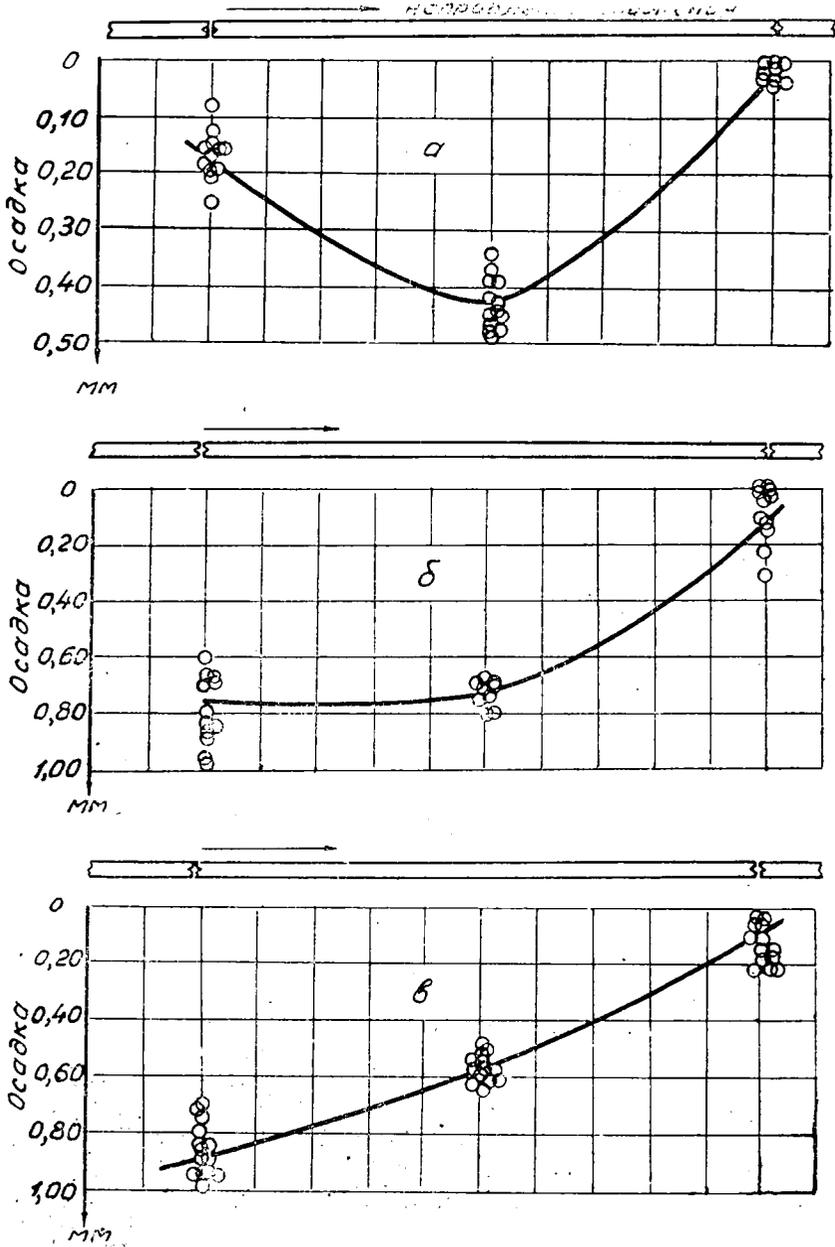


Рис. 7. Осадки плит наружного колесопровода при нагружении середины плиты задним колесом автомобиля.  
 а — на опытном участке № 1; б — на опытном участке № 2; в — на опытном участке № 3.

Таблица 4  
 Модуль деформации основания плит (в кг/см<sup>2</sup>)

Опытный участок	Колесопровод	
	наружный	внутренний
1	972—1020	1174—1202
2	302—367	392—433
3	319—366	—

свободными концами \*. Сопоставление измеренных осадок с теоретическими значениями позволяет отметить следующее:

Таблица 5.

Измеренные и вычисленные осадки плит в мм

Опытный участок	Колесопровод	Модуль деформации основания в $\text{кг/см}^2$	Середина плиты		Принимающий конец		Сдающий конец	
			измеренная осадка	вычисленная осадка	измеренная осадка	вычисленная осадка	измеренная осадка	вычисленная осадка
1	Наружный . . . . .	1000	0,46	0,54	0,75	0,63	0,63	0,63
	Внутренний . . . . .	1200	0,37	0,49	0,50	0,55	0,33	0,55
2	Наружный . . . . .	350	0,73	1,03	2,18	1,57	1,61	1,57
	Внутренний . . . . .	430	0,62	0,91	1,73	1,39	1,42	1,39
3	Наружный . . . . .	350	0,58	1,11	1,71	1,74	1,19	1,74

а) Вычисленные осадки по середине плиты значительно превышают измеренные. Для средних значений это превышение составляет от 17% до 92%. Увеличение разницы наблюдается на более податливых основаниях. Такое положение следует объяснить кратковременным воздействием нагрузки, недостаточным для полного завершения деформации. Некоторое влияние могла оказать возможная разница между фактической жесткостью ( $EJ$ ) плиты и жесткостью, принятой в расчете.

б) Осадки сдающего конца плиты, определенные расчетом и измеренные при опытах, хорошо согласуются друг с другом, за исключением третьего участка, где разница достигает 46%.

в) Осадки принимающего конца плиты, вычисленные расчетом, меньше измеренных в среднем на 19—39%. Наибольшая разница наблюдается на податливых основаниях. Это явление вызывается ударным воздействием нагрузки.

Изложенные результаты опытов позволяют сделать следующие выводы:

1. Исследуемые плиты испытывают изгиб в продольном направлении. Максимальные осадки под воздействием заднего колеса автомобиля МАЗ-200 оказались различными в разных сечениях плиты: на середине плиты 0,83 мм, на сдающем конце 1,85 мм и на принимающем конце 2,75 мм. Осадки под воздействием передних колес составляют около 40% от осадок под задними колесами. Отмечаются значительные осадки принимающего конца плиты по сравнению с осадками сдающего конца. В среднем это превышение составляет от 19 до 52%.

2. Под воздействием заднего колеса автомобиля наблюдается отрыв концов и середины плиты от основания. Максимальный отрыв имеет место на сдающем конце и достигает 75% от осадки этого конца, отрыв плиты посередине составляет 30—35%, а принимающего конца 15—20% от их осадки. Это указывает на наличие изгибающего момента, который вызывает растягивающие напряжения в верхней зоне сечения плиты, а также говорит о неустойчивом положении в зоне стыка, что в последующем может привести к расстройству стыкового соединения.

3. Сочетание базы автомобиля МАЗ-200 и длины плиты нельзя считать удачным. При длине плит 2,50 м и базе автомобиля 4,52 м создает-

\* Расчет плиты выполнен инж. В. М. Шишко.

ся невыгодная установка заднего и переднего колес, вызывающая большой отрыв стыка плит от основания.

4. Характер и степень изгиба плиты определяется характером приложения нагрузки и податливостью основания. Нагружение середины плиты движущимся колесом автомобиля при любой скорости движения вызывает несимметричную осадку плиты. Принимающий конец оседает гораздо больше сдающего. На податливых основаниях плита изгибается слабее по сравнению с менее податливыми, при одновременном увеличении осадок.

5. Вследствие неравномерной осадки плиты под действием подвижной кратковременной нагрузки, расчет на статическую нагрузку не отражает действительной работы плиты в колесопроводе даже при минимальных скоростях движения. Необходимо в расчете учесть время действия нагрузки и вытекающие из этого последствия.

---

Поступила в редакцию  
4 февраля 1958 г.

## ПРОДОЛЬНАЯ УПРУГОСТЬ ПУТИ УЗКОКОЛЕЙНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ШИРИНОЙ 750 мм

С. И. МОРОЗОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Угон пути ведет к расстройству пути и подвижного состава, увеличивает расходы на их содержание и может привести к авариям, а поэтому представляет большое зло для железных дорог. Угон пути происходит в результате совместного действия сил, возникающих при прохождении по путям подвижного состава.

Настоящая статья содержит результаты опытного и теоретического исследования упругих свойств пути в горизонтальной плоскости. Не имея данных об упругих свойствах пути, невозможно успешно решить вопросы угона пути и методов борьбы с ним. Как показывает анализ процесса возникновения угона, величина продольных сил в значительной степени зависит от упругости пути в горизонтальной плоскости. Применение на дорогах противоугонов также основано на использовании упругости пути.

В настоящее время этот вопрос надлежащим образом не изучен. Только в 1950 году кафедрой «Путь и путевое хозяйство» Московского института инженеров транспорта были проделаны опыты по определению продольной упругости верхнего строения пути ширококолейных железных дорог. По результатам эксперимента удалось составить эмпирическую формулу, отражающую зависимость величины продольного усилия  $P$  от перемещения пути. Формула имеет вид:

$$P = U \cdot \Delta x, \quad (1)$$

где  $\Delta x$  — перемещение пути,  $U$  — модуль продольной упругости, в свою очередь определяемой по формуле:

$$U = \frac{a + bQ}{2l}, \quad (2)$$

где  $Q$  — вертикальная нагрузка,  
 $l$  — расстояние между осями шпал,  
 $a$  и  $b$  — коэффициенты, определяемые эмпирически.

Однако формулу (2) нельзя признать полноценной, ибо она не содержит характеристик пути и грунта, и поэтому не может быть применена в условиях, отличных от тех, в которых проводились опыты\*.

Приступая к изучению угона на железных дорогах, ширина колеи которых равна 750 мм, необходимо определить фактическую зависимость между действующими на путь горизонтальными силами и перемещениями пути.

Так как упругость верхнего строения пути как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости в основном зависит от упругости материала балластной призмы, то нами было предпринято исследование упругости балласта.

Условия постановки опытов. Опыты проводились на учебном дворе Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова в период с 1 мая по 13 июля 1957 г. Нами был выбран участок пути (одно звено) длиной 7 м, тип рельса Р 15, шпалы типа II, расстояние между осями шпал 75—80 см. Балластная призма песчаная, толщиной 30—35 см. Анализом отдельных проб получены следующие гранулометрические и физико-механические характеристики балласта:

Фракции в мм	>2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,005	<0,005
Содержание частиц в %	14,2	17,4	26,5	35,0	1,4	3,2	2,3

Угол внутреннего трения  $\varphi = 35^{\circ} 15'$  (рис. 3),  $\operatorname{tg} \varphi = 0,71$ . Модуль деформаций для различных образцов колебался от 400 до 520 кг/см<sup>2</sup>.

Упругие свойства балласта определялись путем замера соответствующих перемещений, возникающих вследствие приложения горизон-

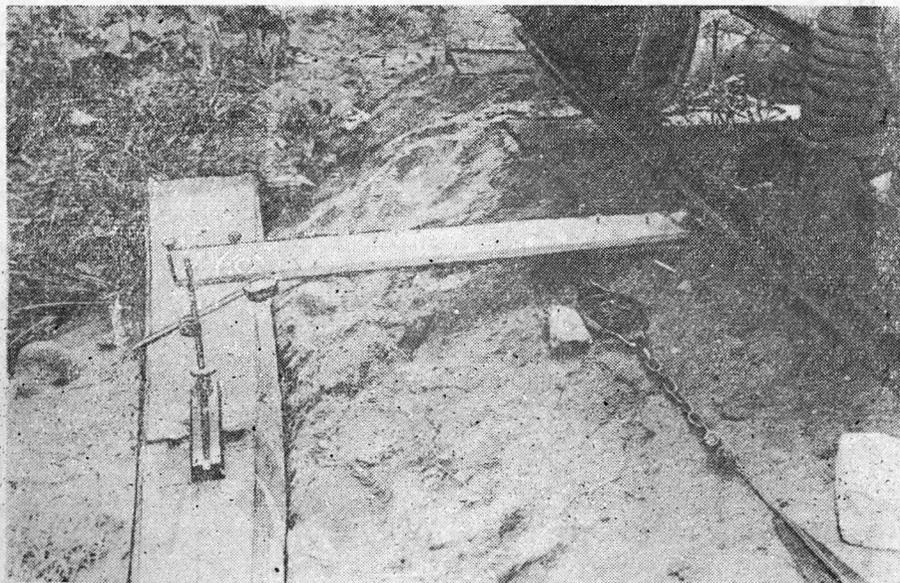


Рис. 1. Расположение приборов.

\* Для узкоколейных железных дорог  $U$  было определено опытным путем Л. Е. Савиным.

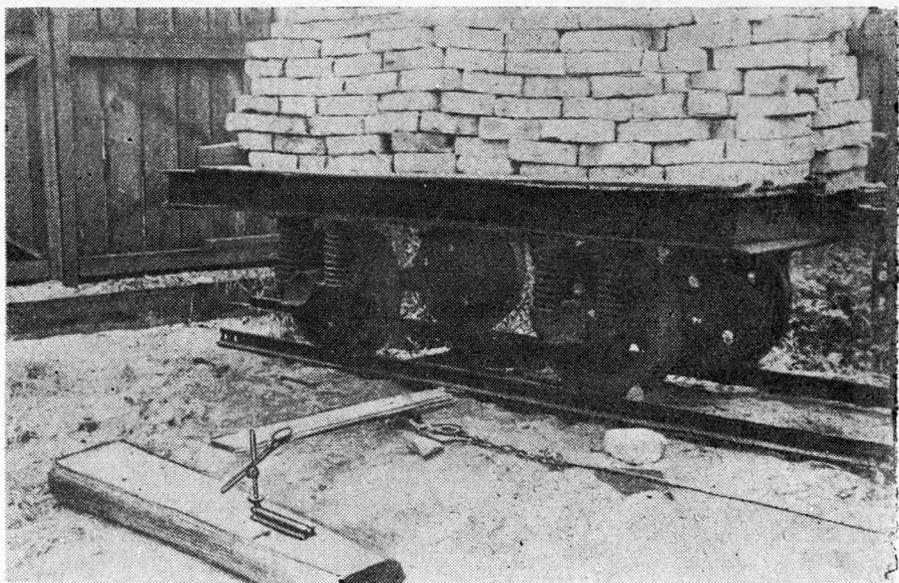


Рис. 2. Общий вид установки.

тальной силы к одиночной шпале или к секции из нескольких шпал. Горизонтальное усилие создавалось домкратом, величина его замерялась динамометрами с точностью отсчетов  $\pm 2$  кг, перемещение замерялось индикаторами с точностью отсчетов  $\pm 0,005$  мм (рис. 1).

Вертикальная нагрузка на шпалу создавалась при помощи нагруженной вагонетки. Чтобы нагрузка от вагонетки передавалась только на исследуемую шпалу, подкладки под рельсом в количестве 3—4 шт. укладывались только на этой шпале и стыковой. Остальных шпал рельсы не касались. Центр тяжести вагонетки размещался строго над шпалой и, следовательно, практически усилие передавалось на эту шпалу (рис. 2).

После обработки опытных данных были выявлены:

1. Максимальное сдвигающее усилие для шпал длиной 150 см при отсутствии вертикальной нагрузки.
2. Зависимость перемещения одиночной ненагруженной шпалы от величины приложенного горизонтального усилия.
3. Зависимость между сдвигом шпал и вертикальной нагрузкой на них.

Максимальное сдвигающее усилие. Под максимальной сдвигающей силой понимают силу, которую нужно приложить к шпале, чтобы вызвать срыв ее с места.

Знание этой величины необходимо при расчетах и конструировании противоугонов для того, чтобы иметь возможность определить, какое усилие должны выдерживать противоугоны, то есть какова должна быть их мощность.

Нами выяснено, что для шпал длиной 150 см максимальное сдвигающее усилие находится в тесной зависимости от величины расстояния между шпалами, уменьшаясь, при прочих равных условиях, с увеличением шпального пролета.

В табл. 1 приводятся среднеарифметические значения максимальных сдвигающих усилий, измеренных во время опытов.

Расстояние между осями шпал в см . . . . .	55	85	100	110
Максимальное сдвигающее усилие в кг . . . . .	385	310	280	280

В интервале значений  $l = 65 \div 100$  см зависимость величины максимального сдвигающего усилия ( $P_m$ ) от расстояния между осями шпал достаточно хорошо описывается эмпирической формулой, выражающей линейную зависимость  $P_m$  от  $l$ , а именно:

$$P_m = 480 - 2l \quad (3)$$

Таким образом, если на ширококолейных железных дорогах противоугоны устанавливаются так, чтобы на каждую шпалу передавалось

усилие не больше 500 кг, на дорогах с шириной колеи 750 мм следует рекомендовать (при отсутствии вибрации пути) устройство таких противоугонов, чтобы усилие, передаваемое на каждую шпалу, не превышало 300—350 кг. Вибрация снижает  $P_m$  примерно вдвое.

Упругий сдвиг одиночной ненагруженной шпалы. Хотя грунт и не является упругим телом в обычном понимании, так

как наряду с упругими ему присущи и остаточные деформации, опыты показывают, что при большом количестве циклов «нагрузка-разгрузка» величина остаточных деформаций составляет незначительный процент от общей деформации. Работа железнодорожного пути характеризуется многократно повторяющимися нагрузками и разгрузками, поэтому свойства грунта можно отождествить со свойствами упругого тела.

Данная группа опытов проделана с целью выявления роли засыпки в общей схеме упругой деформации балласта. Поскольку шпала не нагружена и вес ее незначителен, то можно считать, что ее перемещение в основном определяется деформациями засыпки.

Всего было произведено 220 замеров на четырех шпалах. В таблице приведены значения усилий, необходимых для сдвига шпалы, и соответствующие им перемещения в мм при различных расстояниях между осями шпал, полученные после обработки результатов методами вариационной статистики, а на рис. 4 представлен график.

Расстояние между осями шпал в см	Усилие в кг				
	30	60	90	120	200
	Перемещения в мм				
55	0,034	0,089	0,195	0,370	0,637
88	0,036	0,091	0,228	0,426	0,952
95	0,038	0,092	0,233	0,481	1,253
110	0,040	0,105	0,253	0,491	1,446

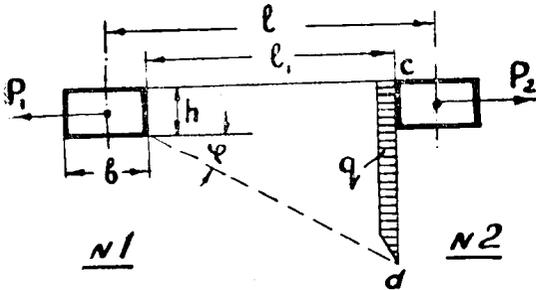


Рис. 3. Схема распространения давления.

Из рассмотрения результатов этой группы опытов видно, что величина перемещения, при прочих равных условиях, зависит от расстояния между шпалами.

По данным опытов было составлено корреляционное уравнение, отражающее зависимость перемещения шпалы от действующего на нее усилия:

$$\delta = aP + bP^2 \quad (4)$$

$\delta$  — перемещение шпалы в мм,  
 $P$  — усилие в кг,  
 $a$  и  $b$  — коэффициенты определяемые эмпирически и зависящие от  $l$ :

$$a = (0,000\ 000\ 258\ l^2 - 0,00\ 005\ 505\ l + 0,002\ 323)\ \text{мм/кг},$$

$$b = (0,0000\ 075 + 0,000\ 000\ 292l)\ \text{мм/кг}^2.$$

Значения  $a$  и  $b$  при  $l = 55$ ;  $a = 0,000076\ \text{мм/кг}$ ;  $b = 0,00002323\ \text{мм/кг}^2$   
 $l = 88$ ;  $a = 0,0005223\ \text{мм/кг}$ ;  $b = 0,00003392\ \text{мм/кг}^2$ .

В процессе постановки опытов было обнаружено, что одновременно с перемещениями исследуемой шпалы отмечаются перемещения соседней с ней шпалы по направлению действия силы.

Причину этого можно объяснить путем следующих упрощенных рассуждений.

Угол, определяющий направление распространения давления, полагаем равным углу внутреннего трения  $\varphi$ . По плоскости  $cd$ , совпадающей с боковой гранью второй шпалы, действует распределенное давление, в первом приближении равномерное с интенсивностью  $q$ . Величину  $q$  легко определить, имея в виду, что сила  $P_1$  приложена к площади действия давления  $cd$ , тогда:

$$q = P_1 \frac{1}{\left(h + \frac{l_1}{\text{ctg}\varphi}\right) a}, \quad (5)$$

где  $P_1$  — усилие, прилагаемое к шпале № 1,  
 $h$  — толщина шпалы,  
 $a$  — длина.

Полное усилие, передаваемое от шпалы № 1 на шпалу № 2, равно  $P_2 = q \cdot h \cdot a$  (рис. 3). Тогда:

$$P_2 = P_1 \frac{1}{1 + \frac{l_1}{h \cdot \text{ctg}\varphi}} \quad (6)$$

В каждом частном случае величина  $\frac{1}{1 + \frac{l_1}{h \cdot \text{ctg}\varphi}}$  постоянна.

Обозначая ее через  $n$ , получим:

$$P_2 = n \cdot P_1 \quad (7)$$

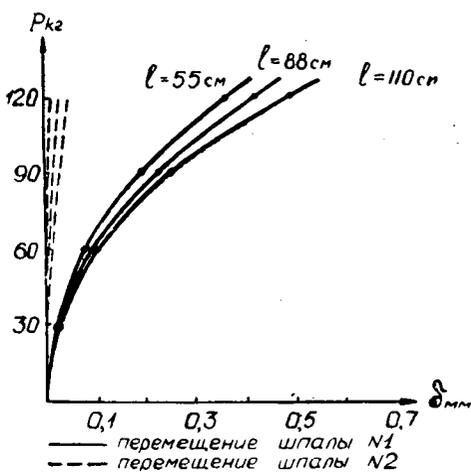


Рис. 4. Зависимость между силой, действующей на ненагруженную шпалу, и ее перемещением.

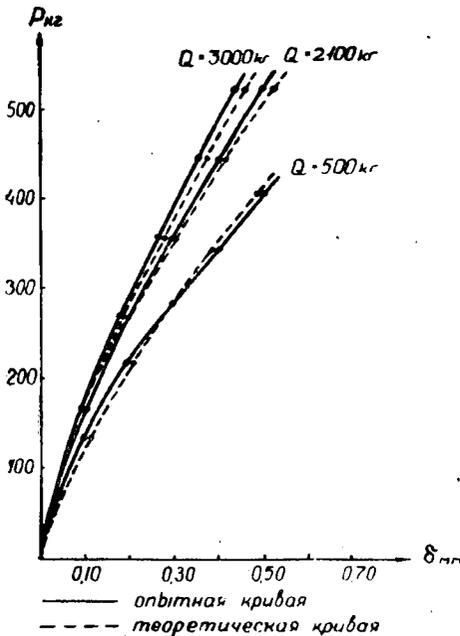


Рис. 5. Зависимость между действующей силой и перемещением нагруженной шпалы.

методу вариационной статистики, а результаты представлены на графике (рис. 5). Установлено, что сопротивление шпалы сдвигу возрастает с увеличением вертикальной нагрузки, причем эта зависимость нелинейная и может быть описана корреляционным уравнением:

$$P = A \delta' + B (\lg \delta' - 1) \quad (8)$$

где  $\delta' = 1000\delta$ , а  $A$  и  $B$  — коэффициенты, зависящие от  $Q$ :

$$A = (0,000000185Q^2 - 0,00035Q + 0,6369) \text{ кг/мм},$$

$$B = (33 + 0,143Q - 0,000053Q^2) \text{ кг}.$$

Формула (8) находится в хорошем соответствии с опытными данными.

$A$  и  $B$  в частных случаях принимают следующие значения:

$Q = 500 \text{ кг}$	$A = 0,5083 \text{ кг/мм}$	$B = 91,2 \text{ кг}$
$Q = 1300 \text{ кг}$	$A = 0,4935 \text{ кг/мм}$	$B = 128,6 \text{ кг}$
$Q = 2100 \text{ кг}$	$A = 0,7198 \text{ кг/мм}$	$B = 98,0 \text{ кг}$
$Q = 2500 \text{ кг}$	$A = 0,9125 \text{ кг/мм}$	$B = 59,0 \text{ кг}$
$Q = 3500 \text{ кг}$	$A = 1,6725 \text{ кг/мм}$	$B = 182,0 \text{ кг}$

Значение  $P$  при прочих равных условиях зависит от толщины шпалы и величины шпального ящика.

Для того, чтобы полнее выявить характер зависимости  $\delta = f(P)$  нами была сделана попытка установить эту закономерность, пользуясь методами теории упругости. Применение теории упругости к грунтам носит условный характер, тем не менее дает вполне достоверные результаты, чем и объясняется то, что в последнее время ее довольно часто и успешно применяют. Будем рассматривать шпалу как балку, ле-

Задаваясь значениями  $l$ ,  $h$  и  $\text{ctg} \varphi$  найдем, что величина  $n$  для узкоколейных железных дорог колеблется от 0,1 до 0,15. Таким образом,  $P_2$  — силу, вызывающую смещение соседней шпалы, легко подсчитать.

В процессе опытов установлено, что упругость засыпки сильно зависит от степени уплотнения песка в балластном ящике. При уплотнении песка деревянной трамбовкой сопротивление шпал сдвигу резко возрастает.

Опыты показали, что засыпка играет определенную роль в общей упругой деформации пути.

Сопротивление шпал сдвигу при наличии вертикальной нагрузки. В этой группе опытов проведено 180 замеров на четырех шпалах.

Для каждой шпалы зависимость  $\delta = f(P)$  была изучена при четырех различных значениях вертикальной нагрузки  $Q$ . Полученные данные обработаны по мето-

жащую на упругом основании (рис 6). Влияние засыпки не учитываем. На балку действует в общем случае горизонтальная сила  $P$  и вертикальная сила  $Q$ , равнодействующая которых равна  $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$  и наклонена к вертикали под углом  $\beta$  ( $\cos\beta = \frac{Q}{R}$ ).

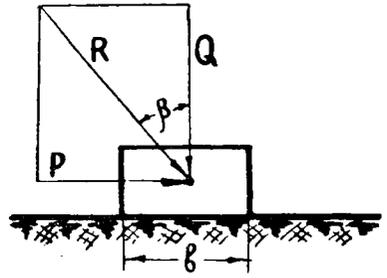


Рис. 6. Схема действия сил на шпалу в общем случае.

Если на ограничивающую неподвижное полупространство плоскость действует равномерно распределенная по площади  $F$  нагрузка, то по теории упругости осадка нагруженной площади определяется путем интегрирования выражения для перемещений  $W$ , вызванных действием элементарных сосредоточенных сил. Для того, чтобы определить среднюю осадку шпалы, надо решить уравнение:

$$W_T = \frac{\int_0^{a_1} dx \int_0^{b_1} W_{(x, y)} \cdot dy}{a_1 b_1}, \tag{9}$$

где  $W_{(x, y)}$  — осадка нагруженной площади,  
 $a_1$  — половина длины балки,  
 $b_1$  — половина ширины балки.

Нами были проделаны все необходимые выкладки и получена формула:

$$\delta = \frac{\omega_T P \sqrt{R}}{C \sqrt{Q} \sqrt{F}}, \tag{10}$$

где  $\delta$  — горизонтальная составляющая перемещения шпалы в см,  
 $F$  — площадь нижней постели шпалы в см<sup>2</sup>,  
 $\omega_T$  — коэффициент, зависящий от соотношения сторон  $\frac{a}{b}$  и величины угла  $\beta$ ,  
 $C$  — постоянная упругости полупространства, в свою очередь определяемая выражением:

$$C = \frac{E}{1 - \mu^2} \text{ кг/см}^2$$

$E$  — модуль деформации грунта кг/см<sup>3</sup>,  
 $\mu$  — коэффициент поперечного расширения

Если обозначить отношение длины шпалы к ширине через  $\alpha$ , то:

$$\omega_T = \frac{1}{\pi} \left[ \ln \frac{(\sqrt{\alpha^2 + \cos^2\beta} + \alpha) (\sqrt{\alpha^2 + \cos^2\beta} + \beta \cos \frac{\alpha}{\cos\beta})}{(\sqrt{\alpha^2 + \cos^2\beta} - \alpha) (\sqrt{\alpha^2 + \cos^2\beta} - \beta \cos \frac{\alpha}{\cos\beta})} - \frac{2}{3} \frac{(x^2 + \cos^2\beta)^{\frac{2}{3}} + (x^3 + \cos^3\beta)}{\alpha \cdot \cos^2\beta} \right] \tag{11}$$

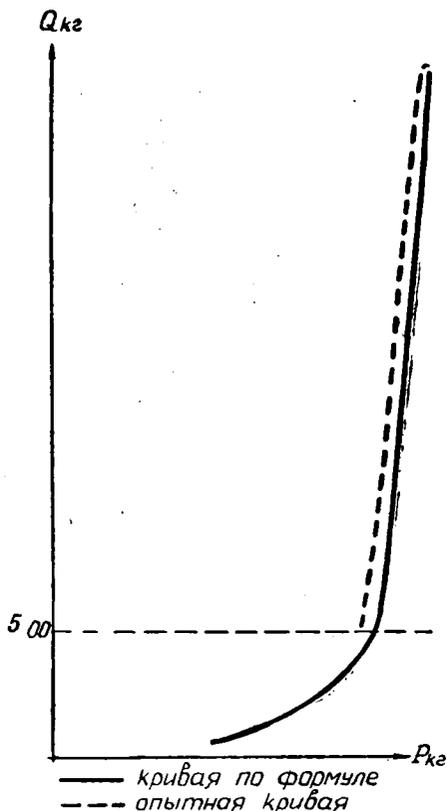


Рис. 7. Зависимость  $P = \psi(Q)$  при  $\delta = 0,2$  мм.

Так как выражение слишком громоздко и пользоваться им неудобно, нами найдено, что учитывая результаты опытов, его можно заменить приближенным выражением:

$$\omega_1 = \frac{A}{\sqrt{\cos \beta}} \quad (12),$$

где  $A \approx 0,3z$ ,

тогда:

$$\delta = \frac{AP\sqrt{P^2 + Q^2}}{CQ\sqrt{F}} \quad (13)$$

На рис. 5 даны кривые зависимости  $\delta = f(P)$ , полученные по теоретической формуле при  $C = 465 \text{ кг/см}^2$  для трех значений вертикальной нагрузки:  $Q = 500 \text{ кг}$ ,  $Q = 2100 \text{ кг}$ ,  $Q = 3000 \text{ кг}$  и на основании опытов для тех же значений. На рис. 7 показана зависимость  $P = \psi(Q)$  при  $\delta = 0,2$  мм теоретическая и опытная. В том и в другом случае опытные и теоретические кривые достаточно хорошо соответствуют друг другу, что свидетельствует о возможности применения формулы (13) для определения упругости пути в горизонтальной плоскости. Достоинство ее в том, что она позволяет судить о влиянии механических свойств основания пути ( $C$ ) и раз-

меров шпал ( $F, \alpha$ ) на упругие деформации пути в продольной плоскости.

Рассматривая связь между  $Q$  и  $P$ , следует отметить, что в первом приближении при больших значениях  $Q$  (примерно  $Q > 500 \text{ кг}$ ) ее можно считать линейной (это совпадает с выводами В. Г. Альбрехта и Л. Е. Савина, а при меньших значениях  $Q$ , как видно по теоретической зависимости, она имеет ярко выраженную криволинейность (рис. 7).

### Выводы

1. Доказано, что верхнее строение пути обладает значительной упругостью в горизонтальной плоскости и при небольших перемещениях пути упругие деформации преобладают над остаточными.

2. Величина сопротивления шпал сдвигу зависит от многих факторов: расстояния между шпалами, размеров шпал, степени уплотнения засыпки, модуля деформации грунта основания, коэффициента поперечного расширения грунта, величины вертикальной нагрузки на шпалу.

3. Максимальное сопротивление сдвигу шпал узкой колес примерно в 1,5 раза меньше, чем для шпал широкой колес.

4. Полученные нами зависимости позволяют применить их для выполнения необходимых расчетов по установлению величин угона пути и необходимых мер по стабилизации пути.

## О РАСЧЕТЕ ПОСЫЛОК

**Н. А. БАТИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Вопросы расчета посылок имеют важное значение для дальнейшего увеличения производительности лесопильных рам.

Необходимо отметить, что инструкционные посылки Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины (ЦНИИМОД) 1936 года многими лесопильными заводами значительно перекрыты. Это говорит о наличии резервов дальнейшего увеличения производительности лесопильных рам и о том, что назрела необходимость пересмотра посылок и тех положений, на которых они основывались.

Целью настоящей работы является изложение метода расчета посылок на основе теоретических положений профессора А. Л. Бершадского, обобщения исследований ЦНИИМОД и Белорусского лесотехнического института (БЛТИ) и достижений передовиков производства.

### Определение посылки из условий полного использования мощности лесопильной рамы на резание, требуемого качества распиловки и работоспособности пилы

Мощность, расходуемая на резание при распиловке на лесопильных рамах, определяется по формуле:

$$N_p = \frac{Kb\Sigma h\Delta n}{6,12 \cdot 10^6} \text{ квт} \quad (1),$$

где  $N_p$  — мощность, расходуемая на резание в квт,

$K$  — удельная работа резания в  $\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{см}^3}$ ,

$b$  — ширина пропила в мм,

$\Sigma h$  — суммарная высота пропила в мм,

$\Delta$  — величина посылки в мм,

$n$  — число оборотов вала лесопильной рамы в минуту.

Из формулы следует, что решающее влияние на величину посылки оказывает правильное установление величины удельной работы  $K$ .

Проф. А. Л. Бершадский дает следующую формулу для определения удельной работы резания при распиловке пилами с разведенными зубьями:

$$K = \frac{K'}{\left(\frac{b}{s}C\right)^m} + \frac{\alpha h}{b} \quad (2)$$

где  $K'$  — удельная работа резания при миллиметровой стружке в  $\frac{кгМ}{см^3}$   
 $C$  — подача на зуб пилы в мм,  
 $m$  — показатель степени, характеризующий интенсивность изменения  $K$  в зависимости от изменения  $C$ ,  
 $\frac{\alpha h}{b}$  — удельная работа, затрачиваемая на дополнительный процесс,

происходящий в междузубном пространстве в  $\frac{кг \cdot М}{см^3}$ ,

$h$  — высота пропила в мм.

Подставив выражение для  $K$  в уравнение (1), заменяя в нем  $\Sigma h = Zh$  и решая относительно  $\Delta$ , получим:

$$\Delta = \frac{6,12 \cdot 10^6 N_p}{Z \cdot h \cdot n} \cdot \frac{\left(\frac{b}{s} \cdot C\right)^m}{\left[bK' + \left(\frac{b}{s}C\right)^m \alpha h\right]} \quad (3)$$

где  $Z$  — количество пил в поставе.

Подставляя значение  $C = \frac{\Delta t}{H}$  в формулу (3), найдем:

$$\Delta = \frac{6,12 \cdot 10^6 N_p}{Z \cdot h \cdot n} \cdot \frac{\left(\frac{b}{s} \Delta t\right)^m}{H^m bK' + \left(\frac{b}{s} \Delta t\right)^m \alpha h} \quad (4)$$

Здесь  $H$  — высота хода пильной рамки в мм;

$t$  — шаг зубьев пилы в мм.

Формулы (3) и (4) указывают на зависимость  $\Delta$  от  $N$ ,  $Z$ ,  $h$ ,  $n$ ,  $b$ ,  $K'$ ,  $C$ ,  $t$ ,  $H$ ,  $\alpha$ ,  $m$ .

Влияние  $C$  и  $t$  на посылку  $\Delta$  рассмотрим особо.

Из формулы (3) заключаем, что с увеличением или уменьшением  $C$  соответственно увеличивается или уменьшается и  $\Delta$ .

Если обозначим величину посылки при  $C = C_0$  (плющенный зуб) через  $\Delta_0$ , а при  $C = C_p$  (разведенный зуб) через  $\Delta_p$ , то изменение  $\Delta$  в зависимости от изменения  $C$ , при прочих равных условиях, можно усмотреть из отношения:

$$\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0} = \frac{C_p^m}{C_0^m} \cdot \frac{bK' + \left(\frac{b}{s}C_0\right)^m \alpha h}{bK' + \left(\frac{b}{s}C_p\right)^m \alpha h} \quad (5)$$

При распиловке пилами с плющеными зубьями в формулах (2), (3), (4) и (5) значение  $\frac{b}{s} = 1$ .

Исследование изменения  $\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0}$  (формула 5) в зависимости от изменения  $C_p$ ,  $C_0$ ,  $h$ ,  $b$  и  $\frac{b}{s}$  в практически возможных и целесообразных

пределах позволило прийти к следующей простой зависимости (при  $h = 100-400$  мм и  $m = 0,33$ ):

$$\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0} = \sqrt[4]{\frac{C_p}{C_0}} \quad (6)$$

В подтверждение этого приводим в табл. 1 и 2 значения  $\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0}$ , подсчитанные по формулам (5) и (6).

Таблица 1

Значение  $\frac{\Delta_p}{\Delta_0}$  для разведенных зубьев при  $K' = 5,2$ ;

$$b = 3,2; \quad \frac{b}{s} = 1,6; \quad \Lambda = 0,025; \quad m = 0,33$$

$\frac{C_p}{C_0}$	$\gamma = \sqrt[4]{\frac{C_p}{C_0}}$	$C_0$ в мм	Значение $\gamma$ по формуле 5 при высоте пропила $h$ в мм		
			100	250	400
0,75	0,93	1,0	0,92	0,935	0,945
		0,8	0,92	0,93	0,945
		0,6	0,92	0,93	0,94
0,5	0,84	1,0	0,82	0,845	0,87
		0,8	0,82	0,845	0,865
		0,6	0,82	0,84	0,86

Таблица 2

Значение  $\frac{\Delta_p}{\Delta_0}$  для плющенных зубьев при  $K' = 5,2$ ;

$$b = 3,2 \text{ мм}; \quad \frac{b}{s} = 1; \quad \Lambda = 0,02; \quad m = 0,33$$

$\frac{C_p}{C_0}$	$\gamma = \sqrt[4]{\frac{C_p}{C_0}}$	$C_0$ в мм	Значения $\gamma$ по формуле 5 при высоте пропила $h$ в мм		
			100	250	400
0,75	0,93	2	0,92	0,93	0,94
		1,2	0,92	0,93	0,94
		0,6	0,92	0,925	0,93
0,5	0,84	2	0,815	0,84	0,86
		1,2	0,815	0,835	0,855
		0,6	0,81	0,83	0,845

Зная, что  $\Delta = \frac{CH}{t}$  и пользуясь формулой (6), будем иметь:

$$\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0} = \sqrt[4]{\frac{t_p}{t_0}} \quad (7)$$

Формулы (6) и (7), как это показывают табл. 1 и 2, справедливы для пил как с разведенными, так и с плющенными зубьями.

Из формул (3), (5), (6) и (7) следует, что для обеспечения более высокой производительности лесопильных рам надо стремиться к большему  $C$  и, соответственно с этим, к большему  $t$ . Но с увеличением  $C$  и  $t$  ухудшаются условия распиловки, что ведет к снижению качества материалов. Поэтому следует установить оптимальные значения  $C$  и  $t$ , при которых обеспечивалось бы требуемое качество распиловки при наибольшем значении  $\Delta$ , то есть наибольшей производительности лесопильной рамы.

Канд. техн. наук М. Н. Орлов рекомендует следующие значения  $C$  для пил с разведенными зубьями:

Группа качества распиловки	1	2	3
Величина подачи на зуб в $C$ в мм.	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,4

Профессор А. Л. Бершадский указывает, что хорошее качество пропила получается при  $C=1$  мм для пил с разведенными зубьями и при  $C=2$  мм — для пил с плющеными зубьями. Максимально допустимая величина при распиловке сосны для пил с разведенными зубьями 1,2 мм.

Шаг разведенных зубьев пил по ГОСТ 5524-55 установлен 15, 18, 22 и 26 мм, а шаг плющенных зубьев пил — 22, 26, 32 и 40 мм.

Следует отметить, что ЦНИИМОД, помимо указанных значений, рекомендует шаг плющенных зубьев пил 52 и 64 мм.

Учитывая, что увеличение шага положительно влияет на увеличение  $\Delta$ , но одновременно ухудшает условия распиловки, необходимо подвергнуть практической проверке рекомендации по увеличению шага до 64 мм.

Определение посылки в зависимости от заданных условий с установлением наивыгоднейших соотношений  $t$  и  $C$  непосредственно по формулам (3—7) представляет довольно сложную задачу.

Чрезвычайно просто и быстро эти вопросы решаются по номограмме, которая построена следующим образом (см. рис.):

1. Кривые верхнего правого квадранта построены по уравнению (4) для следующих данных:

Тип лесопильной рамы РД-75-2.

Пилы с плющеными зубьями.

Мощность, расходуемая на резание:

$$N_p = \frac{N_{пр}}{1,36} \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{100 \cdot 0,75}{1,36 \cdot 0,25} \approx 54 \text{ квт}$$

где  $N_{пр}$  — мощность привода лесопильной рамы в л. с. (100 л. с.),

$\eta_1$  — коэффициент полезного действия механизма рамы (0,75),

$\eta_2$  — коэффициент, учитывающий мощность, потребляемую механизмом подачи (1,025),

$$H = 600 \text{ мм}, n = 300 \text{ об/мин.}, b = 3,2 \text{ мм}$$

$$K' = 5,2, \alpha = 0,32, m = 0,33, t = 32 \text{ мм.}$$

На оси ординат отложены значения  $\Delta$ , а на оси абсцисс  $h$  и  $d_p = d + \frac{aL}{2}$ ,

где  $d$  — диаметр по середине бревна в см,

$d$  — диаметр в верхнем отрубе бревна в см,

$L$  — длина бревна в м,

$\alpha$  — величина сбега в см на м.

Шкалой  $h$  следует пользоваться при распиловке бруса, а шкалой  $d$  при распиловке бревен.

При этом шкала  $d_p$  построена при  $h = 0,75 d_p$ .

Кривые построены для  $Z_n$  от 5 до 14. Для рам, имеющих  $N_p = 54$  квт и  $n = 300$  об/мин, указанные отметки соответствуют реальному количеству пил в поставе. Если рама имеет другие показатели  $N_p$  и  $n_p$ , то расчетное значение  $Z_n$  определится из следующего равенства, вытекающего из формулы (4):

$$Z_n = \left[ \frac{54}{N_p} \cdot \frac{n_p}{300} \right] \cdot Z_p \quad (8)$$

где  $Z_p$  — реальное количество пил в поставе.

В этом случае расчетное  $Z_n$  может быть как целым, так и дробным числом.

2. Прямые верхнего левого квадранта построены по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta_p}{\Delta_0} = \frac{3,2}{b_p} \cdot \frac{5,2}{K'_p} \cdot \sqrt{\frac{600}{H_p}} \quad (9)$$

полученной из формул (4) и (7).

3. Прямые нижнего левого квадранта построены по формуле (7).

4. Прямые нижнего правого квадранта с отметками  $t$  построены по формуле  $\Delta = \frac{CH}{t}$ , определяющей посылку ( $\Delta$ ) из качественных требований к распиловке, а прямые с отметками  $H$  построены по формуле:

$$C_n = C \cdot \frac{600}{H}$$

где  $C_n$  — подача на зуб в мм для рам с ходом  $H$  мм,

$C$  — подача на зуб в мм для рам с ходом 600 мм.

Пунктирные кривые нижнего правого квадранта построены по формуле  $t = 1,14 \sqrt{C \cdot h}$ , определяющий соотношение  $t$ ,  $C$  и  $h$  из условия работоспособности пилы.

Пользование номограммой покажем на примерах.

**Пример 1.** Определить посылку ( $\Delta$ ) и наивыгоднейший шаг ( $t$ ) при распиловке сосновых брусьев ( $K'_p = 5,2$ ), если дано:

высота бруса  $h = 220$  мм;  $Z_p = 10$ ,  $N_p = 54$  квт,  $H = 600$  мм,  $n = 300$  об/мин,  $b = 3,2$  мм;

наибольшая допустимая подача на зуб ( $C$ ) 2,0 мм;

пилы с плющеными зубьями.

**Решение.** Для заданных условий имеем  $Z_n = Z_p = 10$  (формула 8) и  $\gamma = 1$  (формула 9).

Решение поставленной задачи дано на номограмме пунктирной линией 1.

Пересекая пунктирной линией 1 в левом нижнем квадранте лучок прямых, соответствующих различным значениям  $t$ , видим, что с увеличением  $t$  увеличивается и  $\Delta$ . Но с увеличением  $t$  и  $\Delta$  увеличивается и  $C$ . Следовательно, эти величины ( $\Delta$ ,  $t$ ,  $C$ ) должны быть наивыгоднейшим образом увязаны. Принимая в нашем примере  $t = 32$  мм (пунктирная линия 1а), будем иметь  $\Delta = 26$  мм, а  $C = 1,4$  мм. Принимая  $t = 40$  мм (пунктирная линия 1б) будем иметь  $\Delta = 28$  мм, а  $C = 1,87$  мм. Поскольку по заданным условиям допустимо  $C = 2,0$  мм, то и принимаем  $t = 40$  мм, для которого  $\Delta = 28$  мм и  $C = 1,87$  мм.

**Пример 2.** Определить посылку ( $\Delta$ ) и наивыгоднейший шаг ( $t$ ) при распиловке сосновых брусьев, данных в примере 1, ( $K'_p = 5,2$ ;  $h = 220$  мм;  $Z_p = 10$ ), если известно:  $H = 500$  мм,  $N_p = 42$  квт,  $n_p = 290$  об/мин,  $b = 3,0$  мм.

Наибольшая допустимая подача на зуб  $C = 2,0$  мм.

Пилы с плющеными зубьями.

**Решение.** Определяем  $Z_n$  по формуле (8).

$$Z_n = \left[ \frac{54}{42} \cdot \frac{290}{300} \right] \cdot 10 = 1,24 \cdot 10 = 12,4$$

Определяем  $\gamma$  по формуле (9).

$$\gamma = \frac{3,2}{3,0} \cdot \frac{5,2}{5,2} \cdot \sqrt{\frac{600}{500}} = 1,13$$

Дальнейший ход решения показан пунктирной линией 2. Для заданных условий получили:

$$t = 40 \text{ мм}; \Delta = 24 \text{ мм}; C = 1,9 \text{ мм}.$$

**Пример 3.** Определить из условия работоспособности пилы возможную подачу на зуб ( $C$ ), если дано:  $h = 250 \text{ мм}$ ,  $t = 26 \text{ мм}$ . Решение показано пунктирной линией 3. Для заданных условий получили  $C = 2,0$ .

Подача на зуб при расчете посылок по мощности или качеству не должна превышать подачу на зуб, определяемую из условия работоспособности пилы.

Если при распиловке тонкомерных бревен или тонких брусьев и при малом количестве пил в поставе величина посылки, определенная по мощности, будет выше конструктивной, то в этом случае следует брать конструктивную посылку, но не выше величины ее, найденной из условия качества распиловки.

Разобранные примеры убеждают в простоте решения задач, связанных с определением наивыгоднейших посылок для различных заданных условий.

Расчетная номограмма дает ясную картину взаимосвязи всех факторов, влияющих на величину посылки, и позволяет вести расчет посылок для рам с любой технической характеристикой ( $N, n, H$ ) при распиловке бревен любой породы ( $K'_p$ ).

Пользуясь номограммой, можно вести широкий анализ и исследование по влиянию отдельных факторов, в том числе и параметров лесопильной рамы ( $N, n, H$ ), на посылку, по установлению наивыгоднейших соотношений и условий распиловки, обеспечивающих наибольшую посылку, а следовательно, и производительность лесопильной рамы.

Аналогичная номограмма может быть построена и для пил с разведенными зубьями.

#### ЛИТЕРАТУРА

Бершадский А. Л. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1956. Орлов М. Н. Режимы рамного пиления. Гослесбумиздат, 1951.

Поступила в редакцию  
9 октября 1957 г.

## РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШИХ РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОГО РАСПИЛИВАНИЯ СОСНЫ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

**Н. И. ДАВЫДОВА**

Ассистент

(Белорусский лесотехнический институт)

На основании изучения и обобщения имеющихся научных и практических данных и постановки специальных исследований по определению наивыгоднейших режимов работы круглопильных станков, нами разработан метод расчета режимов пиления, удовлетворяющих требованиям как максимальной производительности, так и качества распила.

Основными технологическими факторами, влияющими на чистоту поверхности распила, является подача на зуб  $s$  и угол встречи  $\theta_{\text{вых}}^*$ . Для определения чистоты поверхности и распила по ГОСТ 7016-54 в зависимости от подачи на зуб  $s$  и угла встречи  $\theta_{\text{вых}}$ , а также от диаметра пилы  $D$ , подъема стола над центром вала  $a$  и выступающей из пропила части пильного диска  $a_1$ , построена единая рабочая номограмма № 1 для станков продольного распиливания любой конструкции.

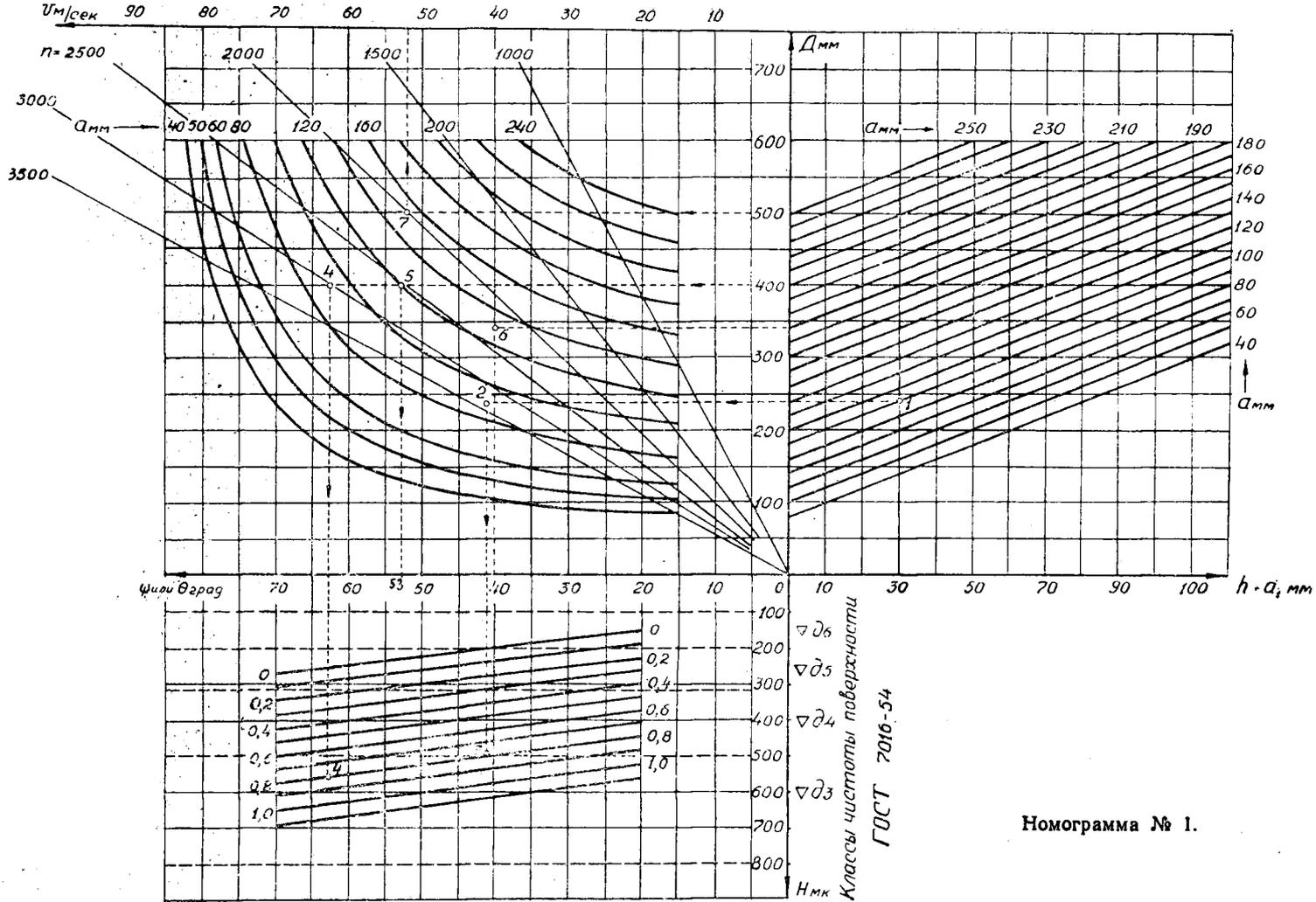
С помощью номограммы можно найти также величину подачи на зуб, обеспечивающую необходимый класс чистоты поверхности распила в зависимости от режимов распиливания, выбрать диаметр пилы с учетом высоты пропила и определить угол  $\theta_{\text{ср}}^{**}$ , необходимый для расчета мощности резания или скорости подачи для станков любой конструкции: с регулируемой или с постоянной высотой стола, с нижним или верхним расположением пильного вала.

### ПРИМЕРЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ НОМОГРАММОЙ

1. Определить класс чистоты поверхности обработки и минимальный диаметр пилы  $D_{\text{мин}}$  при постоянном подъеме стола  $a = 90$  мм,  $a_1 = 10$  мм, при распиливании материала толщиной  $h = 20$  мм. Для этого на вертикали, проведенной через абсциссу  $h + a_1 = 20 + 10 = 30$ ,

\*  $\theta_{\text{вых}}$  — угол между вектором скорости резания и направлением волокон в момент выхода пилы из пропила.

\*\*  $\theta_{\text{ср}}$  — угол между вектором скорости резания и направлением волокон в средней части высоты пропила.



Номограмма № 1.

находим точку 1 пересечения с наклонной линией  $a = 90$ . От точки проводим горизонтальную линию до пересечения с осью ординат, на которой и найдем искомое  $D_{\text{мин}} = 240$  мм.

На продолжении горизонтали 1—240 до пересечения с кривой  $a = 90$ , во втором квадранте находим точку 2, абсцисса которой показывает максимальный угол встречи  $\Theta_{\text{вых}} = 41^\circ$ . Чтобы определить класс чистоты поверхности, необходимо ординату 2—41 продолжить во II квадрант до пересечения с линией, соответствующей подаче на зуб, например,  $s = 0,8$  мм (точка 3). Точка 3 находится в зоне класса чистоты поверхности  $\nabla d 4$ , а ее ордината  $H$  показывает глубину неровности в микронах.

Значения глубины неровностей при продольном распиливании на круглопильных станках с разведенными зубьями получены из статистического уравнения:

$$H_{\text{макс}} = 370 s + 2,2 \Theta_{\text{вых}} + 105. \quad (1)$$

2. Определить угол  $\Theta_{\text{ср}}$  для станка с нижним расположением пильного вала при диаметре пилы  $D = 400$  мм, толщине распиливаемого материала  $h = 60$  мм и подъеме стола  $a = 90$  мм.

Угол  $\Theta_{\text{ср}}$ , по которому рассчитывается удельная работа, мощность и сила резания, можно определить из выражения:

$$\Theta_{\text{ср}} = \psi_{\text{ср}} = \arccos \frac{a + \frac{h}{2}}{R}$$

или с помощью номограммы № 1.

При пользовании номограммой задача сводится к определению  $\Theta_{\text{ср}}$  на уровне средней части высоты пропила над центром пильного вала, то есть на расстоянии  $a + \frac{h}{2}$ , которое для нашего примера будет:

$$a + \frac{h}{2} = 90 + (60 : 2) = 120 \text{ мм.}$$

От точки 400 на оси ординат проводим горизонталь во II квадрант до пересечения с кривой  $a = 120$  в точке 14, абсцисса которой указывает искомое  $\Theta_{\text{ср}} = 55^\circ$ .

При определении  $\Theta_{\text{ср}}$  для круглопильных станков с верхним расположением пильного вала необходимо определить величину:

$$\frac{D}{2} - \left( \frac{h}{2} + a_1 \right),$$

которая характеризует отдаленность средней части высоты пропила  $\frac{h}{2}$  от центра пильного диска (или, что то же самое, величину  $a$ ).

Определив эту величину, в дальнейшем, при нахождении  $\Theta_{\text{ср}}$ , поступаем аналогично описанному способу.

3. Определить качество распила. Для этого нужно найти величину угла встречи  $\Theta_{\text{вых}}$  при выходе зубьев пилы из пропила\*.

Если пильный вал расположен над столом, задача решается как в п. 2. Например, надо определить  $\Theta_{\text{вых}}$ , соответствующее выходу

\* Для станков с верхним расположением пильного вала, работающих с попутной подачей, это будет  $\Theta_{\text{вх}}$ .

зубьев из пропила, если на прирезном станке распиливается материал толщиной  $h = 35$  мм,  $a_1 = 5$  мм,  $D = 340$  мм.

Величина  $a = \frac{D}{2} - (h + a_1) = \frac{340}{2}(-35 + 5) = 130$ . От точки

$D = 340$  на оси ординат проводим горизонталь до пересечения кривой  $a = 130$  в точке 16. Ордината последней определяет  $\Theta_{\text{вых}} = 40^\circ$ .

4. Найти скорость резания  $V$  м/сек, если известны диаметр пилы  $D$  и число оборотов пильного вала  $n$ .

Для этого во II квадранте номограммы № 1 нужно провести горизонталь от данного  $D$  до пересечения с лучом  $n$  и восстановить перпендикуляр до шкалы  $V$  м/сек.

Например, требуется определить скорость резания, если  $D = 500$  мм,  $n = 2000$  об/мин.

От точки 500 на оси ординат проводим горизонталь во II квадрант до пересечения с лучом  $n = 2000$  в точке 17. По стрелке вверх на шкале находим искомое  $V = 52,4$  м/сек.

На основании лабораторных исследований процесса продольного распиливания древесины сосны на круглопильных станках и обобщения результатов опытов методом вариационной статистики, получены количественные и качественные данные по комплексному влиянию основных технологических факторов процесса резания на удельную работу, мощность и силу резания.

Эта зависимость для удельной работы резания  $K$  выражена формулой:

$$K e_1 \psi_1 V_1 \delta = \frac{1140}{V+82} 0,08(V+82) + 0,024\psi + 0,039\delta - 19,42 \quad (2),$$

$$e^{0,53 - 0,002(V+\psi)}$$

где  $V$  — скорость резания в м/сек;

$e$  — толщина стружки в мм;

$\psi$  — угол между направлением вектора скорости резания и волокном на уровне средней высоты пропила в градусах;

$\delta$  — угол резания в градусах.

В числителе формулы (2) представлена зависимость удельной работы  $K'$  от скорости резания  $V$ , угла резания  $\delta$ , угла встречи  $\psi$ , при толщине стружки  $e = 1$  мм;

$$K' = \frac{1140}{V+82} + 0,08(V+82) + 0,024\psi + 0,039\delta - 19,42 \quad (3)$$

Обозначим:  $A = 0,024\psi + 0,039\delta$

$$A_1 = \frac{1140}{V+82} + 0,08(V+82) - 19,42$$

тогда

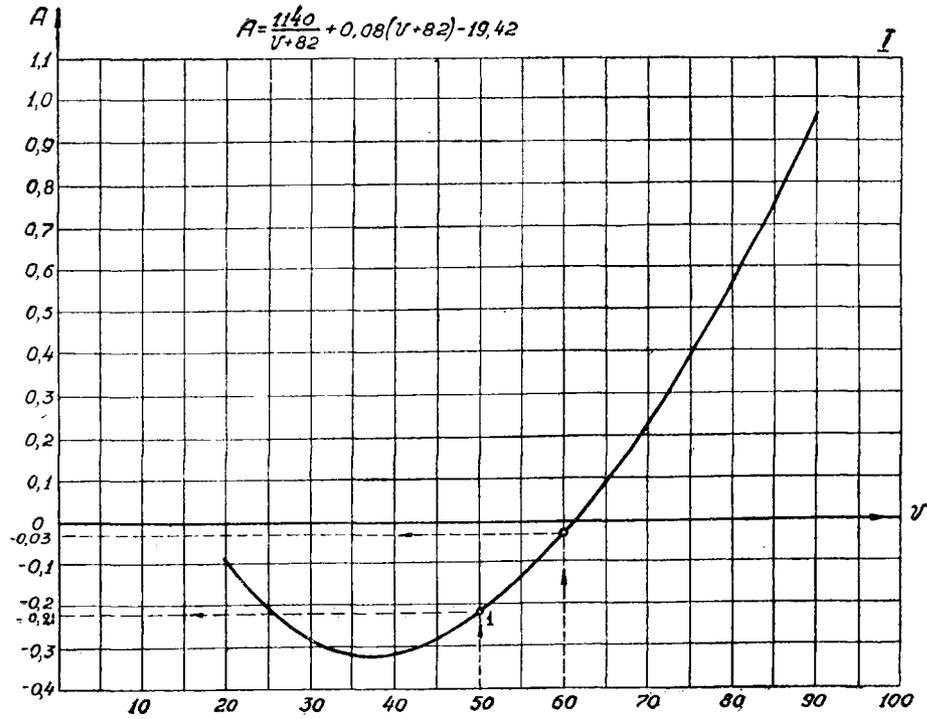
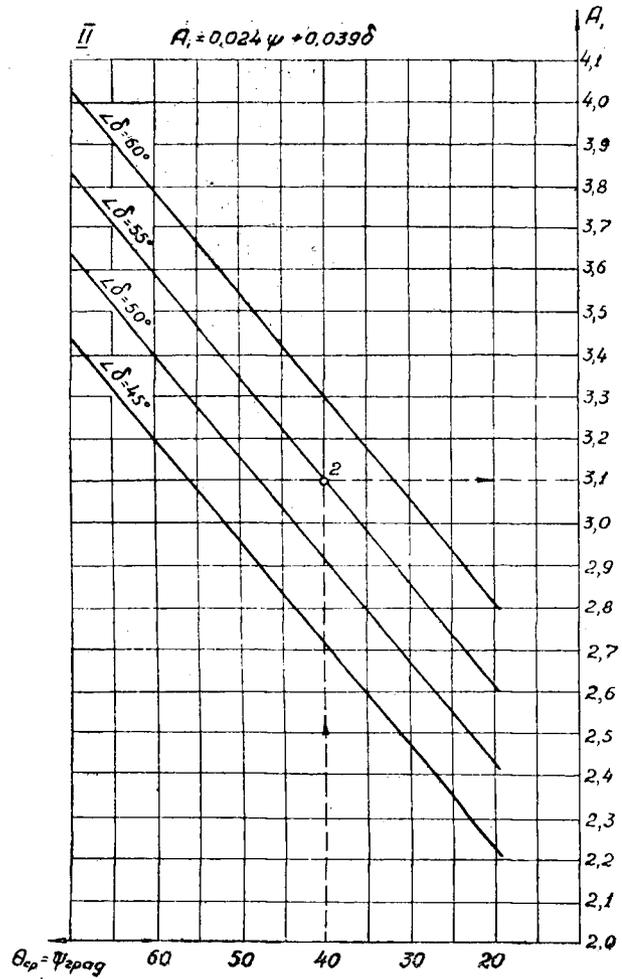
$$K' = A + A_1 \quad (4)$$

Если обозначим также показатель степени при  $e$

$$0,53 - 0,002(V+\psi) = m, \text{ то получим}$$

$$K = \frac{K'}{e^m} \quad (5)$$

$$K' = A \cdot A,$$



Номограмма № 2.

Для определения величины  $K'$  построена номограмма № 2. Установленная зависимость (5) позволяет решать:

- а) прямую задачу, когда известны режимы резания и требуется определить мощность  $N_p$ ;
- б) обратную задачу, когда дана мощность резания и требуется определить скорость подачи  $U$  м/мин.

Мощность и сила резания определяется по известной объемной формуле:

$$N_p = \frac{KbhU}{102 \cdot 60} \text{ кВт} \text{ и } P = \frac{KbhU}{60 \cdot V}$$

Подставив  $K$  из формулы (5) и выразив значение  $e$  и  $U$  через  $c$ :

$$e = \frac{b}{s} \cdot c \cdot \sin \Theta; \text{ и } c = \frac{1000U}{zn},$$

будем иметь:

$$N_p = \frac{K'bhzn c^{1-m}}{6 \cdot 10^6 \left[ \frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m} \quad (6)$$

$$P = \frac{K'bhzn c^{1-m}}{6 \cdot 10^4 \pi D \left[ \frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m} \quad (7)$$

где  $N_p$  — мощность резания, кВт;

$P$  — сила резания в кг;

$n$  — число оборотов пильного вала, об/мин;

$z$  — число зубьев пилы;

$b$  — ширина пропила в мм;

$h$  — высота пропила;

$s$  — толщина пилы в мм;

$c$  — подача на зуб в мм;

$D$  — диаметр пилы в мм.

Если известна мощность резания и требуется определить скорость подачи, то необходимо из выражения (6) найти:

$$c_N^{1-m} = \frac{6 \cdot 10^6 \left[ \frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m N_p}{K'bhzn} \text{ мм} \quad (8)$$

По найденной величине  $c_N$  определяется скорость подачи  $U$  при полном использовании мощности.

$$U_N = \frac{c_N zn}{1000} \text{ м/мин.}$$

В случае, если требуется получить чистоту поверхности распила соответствующего класса по ГОСТу 7016-54, необходимо проверить величину подачи на зуб  $c$  по условиям, предъявляемым к качеству распила, то есть определить максимальную нормативную подачу на зуб по номограмме № 1.

Если окажется, что  $n \geq c_N$ , то  $c_N$  отвечает оптимальной производительности, а если окажется, что  $c_H \leq c_N$ , то расчет производительности следует вести по  $c_H$ , так как при  $c_N < c_H$  качество чистоты по-

верхности обязательно должно соответствовать заданному классу по ГОСТу 7016-54.

Полученные формулы (2), (6), (7) отображают комплексное влияние скорости резания, угла резания, угла встречи и толщины стружки.

Для ускорения и облегчения расчетов режимов распиливания предложен метод графического сопоставления и увязки основных факторов, влияющих на мощность резания и производительность с помощью номограмм, которые отличаются наглядностью и обеспечивают быстрое решение практических задач с достаточной точностью.

Формулу (6) можно преобразовать, если обозначим

$$A_2 = \frac{bhzn}{6 \cdot 10^6}$$

и

$$A_3 = \frac{1}{\left[ \frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m}$$

Для определения величины  $A_3$  построена номограмма № 3. Произведение  $A_2$  не представляет затруднения для расчета, поэтому оно не номографировано.

Теперь для решения прямой задачи необходимо рассчитать мощность резания по формуле:

$$N_p = K' \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot c^{1-m} \quad (9)$$

При решении обратной задачи необходимо определить из выражения (9) величину:

$$c^{1-m} = \frac{N_p}{K' \cdot A_2 \cdot A_3} \quad (10)$$

Для решения прямой и обратной задачи построена номограмма № 4.

Приемы пользования номограммами № 2, 3 и 4 рассмотрим при решении практических задач.

#### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ

Дано: на круглопильном станке с нижним расположением пильного вала распиливается сосна  $W = 18\%$ ,  $h = 60$  мм;

$a = 100$  мм,  $a_1 = 10$  мм,  $n = 2800$  об/мин;

$U = 28$  м/мин; согласно ГОСТу 980-53 пила имеет:

$z = 36$ ;  $\delta = 55^\circ$ ;  $s = 2,2$  мм,  $s' = 0,55$  мм;

$$b = 3,3 \text{ мм}; \quad \frac{b}{s} = 1,5 \text{ мм.}$$

Определить  $N_p$  и класс чистоты поверхности распила по ГОСТу 7016-54.

Решение: Определяем величину подачи на зуб:

$$c = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n} = \frac{1000 \cdot 28}{36 \cdot 2800} = 0,28 \text{ мм}$$

По номограмме № 1 определяем:

а)  $D_{\text{мин}} = 340$  мм;

б)  $\psi_{\text{ср}} = \Theta_{\text{ср}} = 40^\circ$ ;

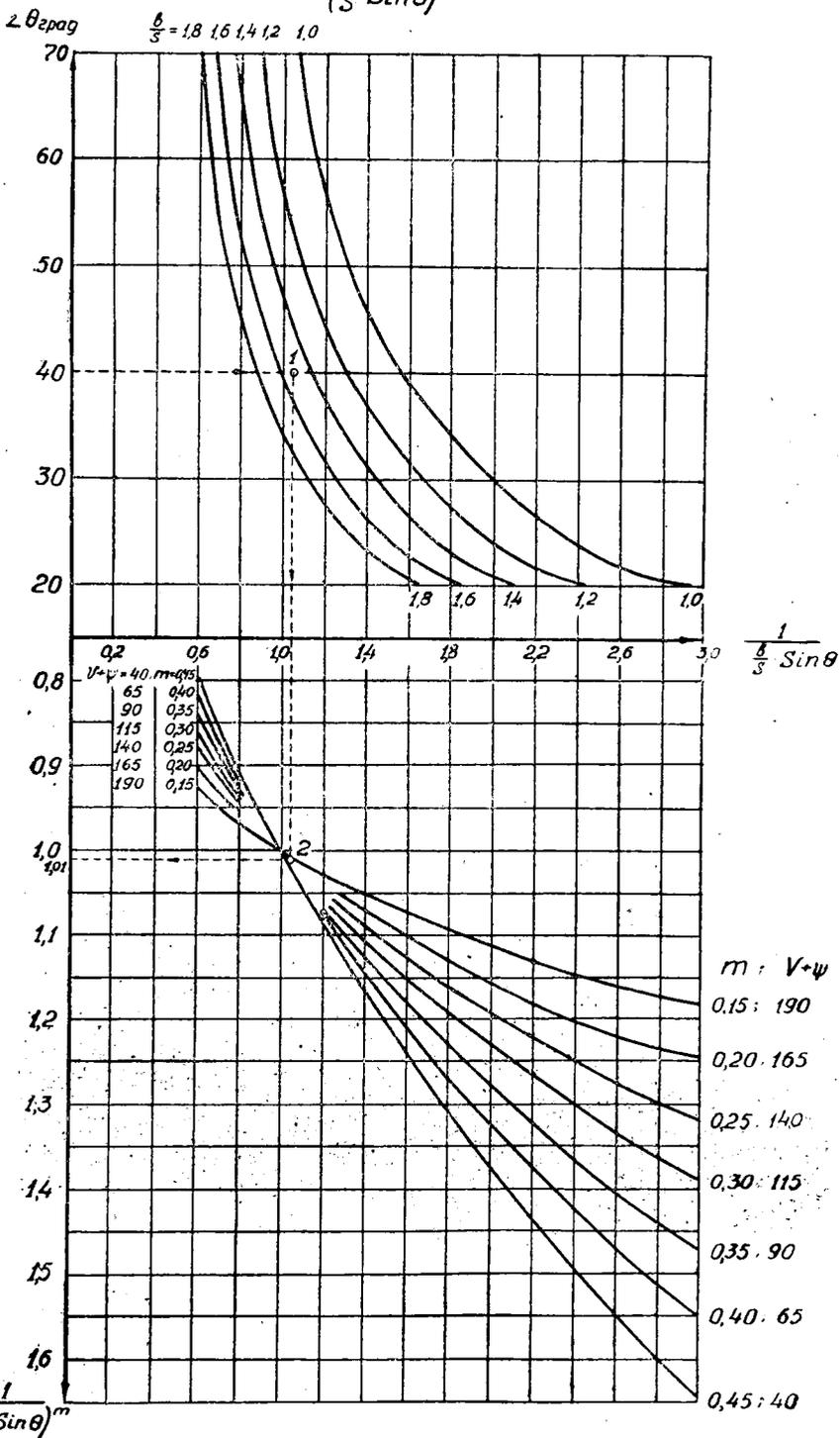
в)  $\Theta_{\text{вых}} = 54^\circ$ ;

г) класс чистоты поверхности распила  $\nabla 04$ ;

д)  $V = 50$  м/сек

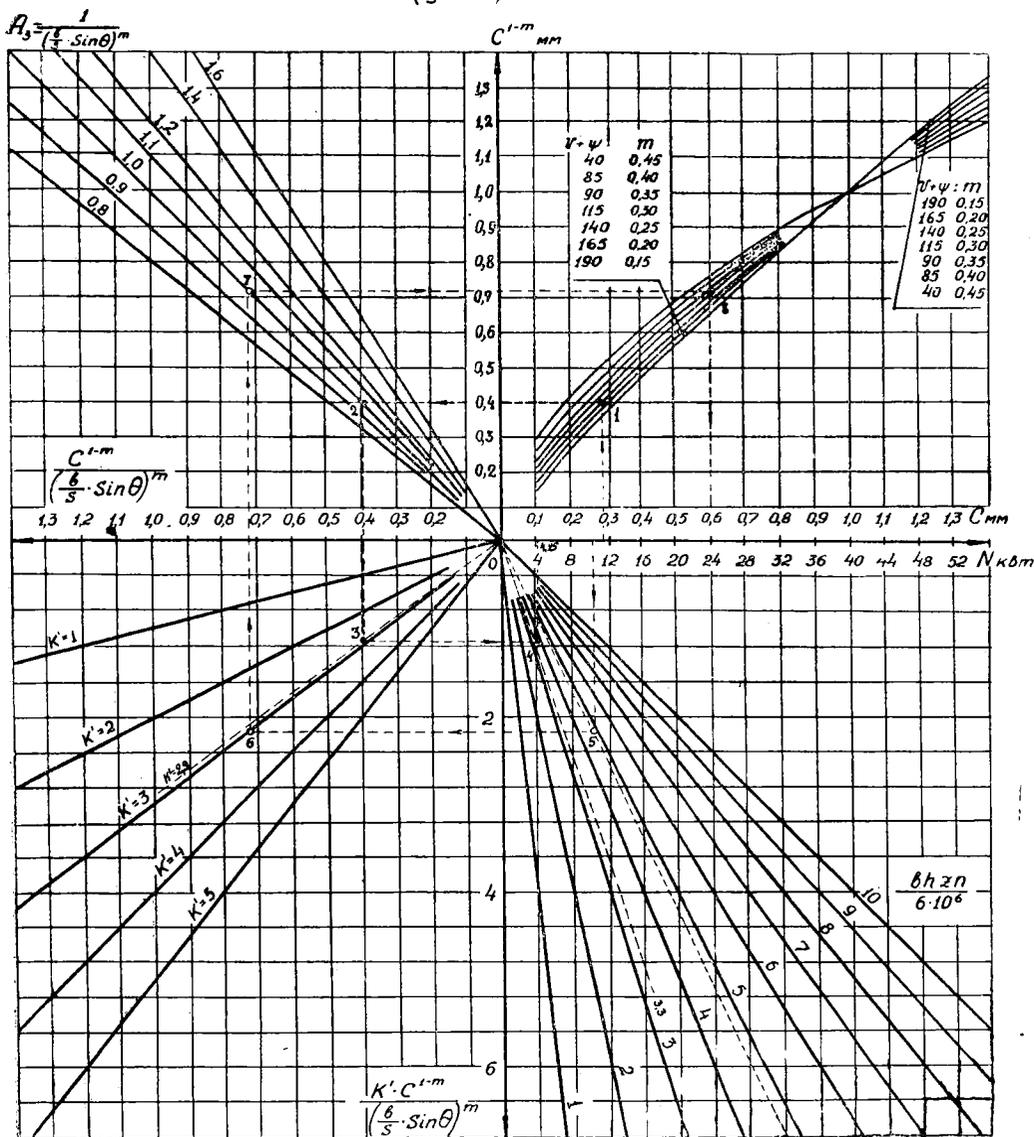
Сумма  $V + \psi = 40 + 50 = 90$ .

$$A_3 = \frac{1}{\left(\frac{b}{s} \cdot \sin \theta\right)^m}$$



Номограмма № 3.

$$N_p = \frac{K' z n \delta h c^{1-m}}{6 \cdot 10^6 \left(\frac{\delta}{s} \cdot \sin \theta\right)^m}$$



Номограмма № 4.

На графике I номограммы № 2 по оси абсцисс откладываем значение  $V = 50 \text{ м/сек}$ , проводим вертикаль до кривой. Из точки пересечения проводим горизонталь до пересечения с осью ординат, где читаем  $A = - 0,21$ .

Зная  $\varphi_{cp} = 40^\circ$ , откладываем его значение на оси абсцисс графика II номограммы № 2, проводим вертикаль до пересечения с прямой, соответствующей  $\delta = 55^\circ$ . Ордината точки пересечения  $A_1 = 3,1$ . Отсюда  $K' = - 0,21 + 3,1 = 2,89$ .

По номограмме № 3 определяем величину  $A_3$ . От ординаты  $\theta = 40^\circ$  проводим горизонталь до кривой, соответствующей величине  $\frac{b}{s} = 1,5$ ,

проводим вертикаль во II квадрант до кривой  $V + \psi = 90$ . Ордината пересечения  $A_3 = 1,01 \approx 1$ .

По номограмме № 4 находим  $N_p$ . Для этого от абсциссы  $c = 0,28$  в I квадранте проводим вертикаль до пересечения с кривой  $V + \psi = 90$ , из точки пересечения проводим горизонталь во II квадрант до луча  $A_3 = 1$ , затем проводим вертикаль во II квадрант до луча  $K' = 2,89$ , из последней точки проводим горизонталь в IV квадрант до луча.

$$\frac{bhzn}{6 \cdot 10^6} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 36 \cdot 2800}{6 \cdot 10^6} = 3,3.$$

Абсцисса точки пересечения показывают искомое  $N_p = 4,25$  квт.

Если известна мощность резания и требуется определить подачу на зуб (скорость подачи), задача решается в обратном порядке.

Приведенные в работе формулы для определения удельной работы, мощности и силы резания, устанавливающие взаимосвязь между различными факторами процесса резания, и предлагаемый метод выбора наиболее выгодных режимов продольного распиливания древесины сосны, с учетом качества распила с помощью расчетных номограмм, являются совершенно новыми. Они учитывают и взаимно увязывают конструкцию станка и инструмента, позволяют более обоснованно оценить загрузку станка по мощности с учетом качества поверхности распила и тем самым способствуют выявлению неиспользуемых резервов производительности круглопильных станков любой конструкции в зависимости от конкретных условий его работы. Сопоставляя различные режимы обработки, можно наметить наиболее эффективные мероприятия по повышению производительности и качества распиливания. В этом большое преимущество предлагаемого расчетного метода.

Поступила в редакцию  
24 октября 1957 г.

## ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ПОДСЧЕТА ОБЪЕМА РЕМОНТНЫХ РАБОТ

**П. И. ЛАПИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

### ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТОВ

Единой системой плано-предупредительного ремонта оборудования, разработанной Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС) и введенной в действие постановлением Совета Министров Союза ССР от 8/IV 1955 года, установлены ремонтные циклы и содержание ремонта по ряду технологического оборудования, в том числе и деревообрабатывающего. Подсчет объема ремонтных работ рекомендуется производить по следующему методу.

Все оборудование разбивается на группы ремонтной сложности, устанавливаются коэффициенты ремонтной сложности для каждой группы; устанавливаются трудоемкость условной единицы и коэффициенты цикличности (количество за год) для всех видов ремонтных работ.

Таким образом, ежегодная затрата времени на какой-либо вид ремонта единицы оборудования определяется по следующей формуле:

$$A = C \cdot K \cdot K_{ц},$$

где  $A$  — ежегодная затрата времени на определенный вид ремонта единицы оборудования в чел.-час;

$C$  — затрата времени на аналогичный вид ремонта условной единицы ремонтной сложности в чел.-час;

$K$  — коэффициент группы ремонтной сложности, к которой отнесен станок;

$K_{ц}$  — коэффициент цикличности данного вида ремонта.

Ежегодная затрата времени на все виды ремонтных работ определяется суммой затрат времени на каждый вид ремонта за год.

ЭНИМС предлагает определять конструктивную группу ремонтной сложности по эмпирическим формулам, которые для каждого станка имеют различный вид. Так, например, для определения конструктивной группы ремонтной сложности круглопильного станка предлагается формула типа:

$$J = K_1 B + K_2 n + K_3 S + C,$$

где все члены уравнения — коэффициенты, характеризующие конструктивную сложность станка, определяются опытным путем. В приведенном примере значение коэффициентов  $K_1, K_2, K_3$  берется по таблицам, разработанным ЭНИМС для металлообрабатывающих станков,  $B$  — рабочая ширина стола или расстояние между пилами в миллиметрах,  $n$  — количество ступеней скоростей редуктора,  $S$  — длина хода каретки в миллиметрах,  $C$  — составляющая, характеризующая сложность ремонта механизма подачи.

Для определения конструктивной группы ремонтной сложности фрезерного станка ЭНИМС рекомендует другую формулу типа:

$$J = \alpha K_1 L + K_2 z + C,$$

где  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий конструктивную особенность станка;

$L$  — длина стола в мм;

$z$  — количество шпинделей.

Как видно из приведенных формул, значение коэффициентов и их количество для каждого станка различно и может быть определено только экспериментом.

Большое количество коэффициентов делает затруднительным определение разряда ремонтной сложности, а методика, рекомендуемая ЭНИМС для определения конструктивной группы ремонтной сложности металлообрабатывающих станков, без проведения специальных исследований не может быть применена предприятиями для решения вопроса о принадлежности деревообрабатывающего станка к той или иной группе, так как последние работают в иных условиях и имеют другие кинематические и динамические параметры.

Предлагаемая методика ЭНИМС представляет интерес, особенно для металлообрабатывающих станков, но группа деревообрабатывающих станков представлена в ней неполно. Не отрицая методики ЭНИМС, мы все же думаем, что она сложна, а формулы с большим эмпирическим материалом неустойчивы.

Не претендуя на исчерпывающее решение вопроса, мы предлагаем более простой метод разбивки оборудования на конструктивные группы ремонтной сложности.

### РАЗБИВКА ОБОРУДОВАНИЯ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ГРУППЫ РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ

Все основные типы деревообрабатывающих станков можно с достаточной точностью разбить на группы ремонтной сложности. За основу разбивки нами принят следующий комплекс признаков, характеризующих сложность ремонта оборудования:

1. Количество ремонтных узлов.
2. Количество деталей, подвергающихся ремонту.
3. Количество кинематических пар (зубчатых, ременных, червячных) в станке.
4. Повторяемость ремонтов станка.

Количество ремонтных узлов и деталей, подвергающихся ремонту, и кинематических пар зависит от конструкции того или иного станка и остается постоянным фактором, характеризующим конструктивную сложность станка.

Частота ремонта характеризует станок с точки зрения затрат на ремонт и зависит от правильности конструкции детали, доброкачественности металла, качества предшествующих ремонтов, качества эксплуатации

и т. д. Повторяемость ремонтов — фактор переменный и, в зависимости от организации ремонтного дела, может быть различным. Повторяемость ремонтов того или иного станка определяется статистически.

В силу того, что установить зависимость группы ремонтной сложности отдельно от каждого фактора не представляется возможным, определяем ее, пользуясь теорией средних индексов. Обозначим через  $P$  числовые значения (индексы) факторов, влияющих на группу ремонтной сложности, для станка, выбранного нами за единицу. Через  $P_1$  обозначим индексы другого станка, для которого желательнее найти средний индекс, характеризующий конструктивную группу ремонтной сложности. Через  $N$  обозначим общее число индивидуальных индексов. Тогда невзвешенный средний арифметический индекс найдем по следующей формуле:

$$J = \frac{\sum P_1}{P}$$

В качестве эталонного станка, имеющего наименьшие и наиболее характерные показатели факторов, влияющих на группу ремонтной сложности, принимаем торцовый станок с ручной подачей.

Покажем определение группы ремонтной сложности на примере — определим группу ремонтной сложности диленно-реечного станка:

Таблица 1

Наименование станка	Количество ремонтных узлов	Количество деталей, подлежащих ремонту	Количество кинематических пар	Повторяемость ремонтных работ в месяцах
Торцовый станок . . . . .	1	9	1	Через 3
Диленно-реечный станок . . . . .	2	19	7	Через 6

$$J = \frac{\sum P_1}{P} = \frac{2}{1} + \frac{19}{9} + \frac{7}{1} + \frac{6}{3} = 3,275,$$

то есть диленно-реечный станок можно отнести к III группе ремонтной сложности. В табл. 2 приведены конструктивные группы ремонтной сложности, подсчитанные по предлагаемой формуле.

Таблица 2

Конструктивные группы ремонтной сложности деревообрабатывающих станков

Наименование станка	Тип станка	Конструктивная группа ремонтной сложности
Торцовый . . . . .	ЦБК	I
Концевальной . . . . .	ЦК-3	I
Сверлильный одношпиндельный . . . . .	СВ-1	I

## Продолжение

Наименование станка	Тип станка	Конструк- тивная группа ремонтной сложности
Направляющий аппарат . . . . .	НАПР-1	I
Рольганг . . . . .	РОЛ-7	I
Дробилка . . . . .	ДР	II
Бревнотаска амбарная . . . . .	БА	II
Сбрасыватель бревен . . . . .	СБР	II
Поперечный цепной транспортер . .	ТПК-ТПП	II
Ленточный транспортер . . . . .	Т-3, Т-6	II
Скребковый . . . . .	ТОК-12—16	II
Фрезерный . . . . .	ФО	II
Столярно-ленточно-пильный транс- портер . . . . .	ЛС-70—1	II
Фуговальный транспортер . . . . .	СФ-5—2	II
Диленно-реечный . . . . .	НДР	III
Транспортер сортплощадки . . . . .	ТСП	III
Ножеточильный аппарат-автомат . .	ТЧН-10	III
Станок для автоматической точки пил . . . . .	ИП-1	III
Комлевая тележка с механизацией .	ТРЛБ	III
Ребровый станок . . . . .	ЦР	IV
Односторонний строгальный станок	СР6-2	IV
Прирезной круглопильный . . . . .	ЦД2К-3	IV
Шлифовальный дисковый . . . . .	И2-Д	IV
Обрезной . . . . .	ЦД-2	V
Четырехсторонний строгальный . .	СК-16	V
Ребровый ленточно-пильный . . . . .	Фанго № 2	VI
Цепнодолбежный . . . . .	ДЦА-1	VII
Шипорезный двухсторонний . . . . .	ШД-12	VIII
Лушальный . . . . .	Л-1	VIII
Лесопильная рама . . . . .	РЛБ-75	IX
Сшивательный автомат . . . . .	Райман*	X

Примечание. Лесопильная рама помещена в IX группу ремонтной сложности из-за наличия динамических нагрузок при работе.

В таблице не приведены станки однотипные, но различных моделей и различных заводов-изготовителей, а также специальные станки.

Определить группу ремонтной сложности того или иного станка, не вошедшего в табл. 2, можно при наличии хотя бы кинематической схемы станка и практических данных о повторяемости ремонтов деталей. Расчет прост и не требует ряда условных коэффициентов.

Таблица 3

Коэффициент цикличности  $K_{ц}$  ремонтных работ для всех групп деревообрабатывающего оборудования

Наименование ремонтных работ	Работа в 1-ю смену			Работа во 2-ю смену			Работа в 3-ю смену		
	ре-монт-ный цикл (лет)	количество ремонтов за цикл	$K_{ц}$	ре-монт-ный цикл (лет)	количество ремонтов за цикл	$K_{ц}$	ре-монт-ный цикл (лет)	количество ремонтов за цикл	$K_{ц}$
Проверки (осмотры с разборкой) . . . . .	5	40	8	3	24	3	2	16	8
I. Текущий (мелкий) ремонт . . . . .	5	10	2	3	6	2	2	4	2
II. То же . . . . .	5	5	1	3	3	1	2	2	1
III. Текущий средний ремонт . . . . .	5	4	0,8	3	2	0,66	2	1	0,5
Капитальный ремонт . . . . .	5	1	0,2	3	1	0,33	2	1	0,5

Количество периодических ремонтных работ за год принято называть коэффициентами цикличности  $K_{ц}$ .

$$K_{ц} = \frac{P_{ц}}{T},$$

где  $K_{ц}$  — коэффициент цикличности;

$P_{ц}$  — число ремонтов, выполняемых за цикл;

$T$  — продолжительность цикла, выраженная числом лет.

В табл. 3 приведены значения  $K_{ц}$  для разных видов ремонтных работ.

Для подсчета ежегодных затрат времени, необходимого для выполнения ремонтных работ, остается еще установить трудоемкость всех ремонтных работ для условий единицы ремонтной сложности (I группы). Трудоемкость условной единицы ремонтной сложности для различных видов ремонтных работ, полученная на основании практических данных, приводится в табл. 4.

Таблица 4

Трудоемкость условной единицы ремонтной сложности (С)

Наименование ремонтных работ	Затраты времени в чел.-час.	
	на слесарные работы	на станочные работы
Проверки (осмотры с разборкой) . . . . .	0,84	—
I. Текущий мелкий ремонт . . . . .	3	2
II. То же . . . . .	5,4	4,6
III. Текущий средний ремонт . . . . .	9	6
Капитальный ремонт . . . . .	16,6	11,1

Примечание: Соотношение между слесарными и станочными работами по статистическим данным принято как 3:2 (60% и 40%), а между объемами I, II и III текущих ремонтов как 1:2:3.

Следует отметить, что трудоемкость условной единицы может изменяться в зависимости от техники ремонта, уровня механизации и условий производства.

Таким образом, по формуле ( $A = C \cdot K \cdot K_{ц}$ ) можно подсчитать ежегодный объем работ по всем группам оборудования.

При планировании ремонтных работ, помимо объема планового ремонта и межремонтного обслуживания, необходимо учитывать объем кузнечных и сварочных работ. Практика показала, что кузнечные работы составляют 25% общего объема работ по ремонту станка за год, а сварочные работы — 15%.

### МЕЖРЕМОНТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Как мы указывали выше, плановые ремонты производятся периодически равномерно по всему циклу; для нормальной работы оборудования приходится выполнять ряд работ в промежутках между плановыми ремонтами; такие работы именуется межремонтным обслуживанием. К нему относятся: 1) устранение поломок оборудования из-за неправильной эксплуатации, перегрузки и т. п.; 2) регулировка отдельных механизмов (выборка слабины в подшипниках, подтяжка тормозков и т. п.); 3) подтяжка крепежных средств; 4) уход за станком (чистка, смазка); 5) уход за ремнями; 6) осмотр станков без разборки и т. п.

Эти работы обычно производит дежурный штат технадзора: слесари, шорники, смазчики, плотники и электромонтеры.

Межремонтное обслуживание обеспечивает восстановление нормального рабочего состояния станков, производительную эксплуатацию оборудования в период между плановыми ремонтами и является, таким образом, неотъемлемой частью комплекса ремонтных работ.

Объем работ по межремонтному обслуживанию, как и объем периодических ремонтов, зависит от конструктивной группы ремонтной сложности.

Ввиду того, что характер работ по межремонтному обслуживанию довольно разнообразный по отдельным станкам и трудно поддается учету, время, потребное на межремонтное обслуживание бригадами технадзора, определяется не по отдельным операциям, а в целом. Правильнее всего определять это время, исходя из объема работ по периодическим текущим ремонтам и проверкам.

Не следует связывать объем работ по межремонтному обслуживанию с объемом работ по капитальному ремонту, так как во время последнего выполняется ряд специфических работ: шабровка, полная разборка, проверка станка и т. п.

Как показала практика, нормальный объем работ по межремонтному обслуживанию деревообделочного оборудования можно принять в 50% объема периодических текущих ремонтов и проверок.

Дежурный персонал технадзора не всегда полностью загружен работой по межремонтному обслуживанию, и в таких случаях его следует привлекать к выполнению плановых ремонтов.

## ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ЩЕЛОЧНОГО ЛИГНИНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО КАК ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

**Б. Д. БОГОМОЛОВ**

Кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

**А. А. СОКОЛОВА**

Кандидат технических наук

(Северное отделение института леса Академии наук СССР)

Термин «лигнин» является собирательным названием группы высокомолекулярных аморфных соединений, обладающих общностью состава, строения и химических свойств.

В свете современных знаний лигнин можно определить как инкрустирующий материал растений, дающий серию цветных реакций и построенный главным образом, если не полностью, из фенилпропановых звеньев.

На лигнин приходится основная часть метоксильного содержания растений, он не гидролизуется кислотами, легко окисляется, растворим в горячей щелочи и бисульфите, легко конденсируется с фенолами и тиосоединениями.

Лигнин — весьма лабильное вещество, склонное к изменениям под влиянием физических, химических и биологических факторов, что составляет главную трудность его изучения. Хотя лигнин изучается уже более 100 лет, многие вопросы химии лигнина не решены до сих пор.

По своим физико-химическим свойствам лигнин древесины неоднороден.

В средневозрастной древесине хвойных пород около 0,9 всего лигнина химически связано с углеводными компонентами древесины и только 0,1 находится в свободном состоянии и может растворяться в подходящих индифферентных растворителях.

Химически связанный природный лигнин образует, по-видимому, молекулы трехмерной структуры, что и обуславливает его нерастворимость в указанных растворителях.

В литературе принято различать, с одной стороны, «нативный» лигнин, который извлекается из растительных тканей индифферентными растворителями без применения катализаторов и считается аналогичным природному лигнину или протолигнину, и, с другой стороны, различные препараты выделенных лигнинов, в которых протолигнин при выделении

уже претерпел те или иные превращения. По-видимому, нельзя ставить знак равенства между «нативным» лигнином и протолигнином, так как «нативный» лигнин представляет собой только низкомолекулярную часть природного лигнина, не связанную химически с углеводными компонентами.

Для понимания свойства лигнина и его превращений в различных процессах (варка и отбелка целлюлозы, гидролиз древесины и т. д.), а также для выявления потенциальных возможностей его применения как химического сырья, имеют большое значение характерные функциональные группы лигнина.

Функциональные группы природного лигнина и препаратов лигнина, выделенных из древесины различными методами, несколько отличаются в количественном и качественном отношении. В процессе выделения в лигнине могут образовываться новые группы, а имевшиеся группы могут претерпевать превращения или отщепляться.

По нашим исследованиям, в медноаммиачном лигнине Фрейденберга, который, по мнению некоторых исследователей, по свойствам приближается к природному, на структурную единицу с условным молекулярным весом 1000 приходится пять метоксильных и шесть гидроксильных групп. Из шести гидроксильных, несомненно, является фенольным и один, по-видимому, энольным, способным к кето-энольным превращениям.

Основной объект наших исследований — щелочной сульфатный лигнин или тиолигнин, отход сульфатно-целлюлозного производства, относится к выделенным лигнинам.

При сульфатной варке целлюлозы действующим реагентом является раствор, содержащий едкий натр и сернистый натрий. Сернистый натрий в водных растворах гидролизует с образованием едкого натра и гидросульфида натрия ( $\text{NaSH}$ ). Таким образом, процесс делигнификации осуществляется в результате воздействия на лигнин едкого натра и гидросульфида натрия.

В самом начале варки, при температуре 110—120° С, в раствор переходит низкомолекулярный лигнин, не связанный химически с углеводными компонентами древесины, который при этом может подвергаться дополнительному расщеплению. Часть этого лигнина, находящаяся в толще щепы, переходит в раствор на более поздних стадиях варки. Основная же масса химически связанного с углеводами высокомолекулярного лигнина древесины может перейти в раствор только после разрушения связей лигнино-углеводного комплекса.

С повышением температуры расщепляются как связи лигнина с углеводами, так и внутримолекулярные связи лигнинных молекул. Степень такого расщепления зависит от температуры и концентрации щелочи. В жестких условиях реакции разрушение лигнина может быть очень сильным и в этом случае из щелока удаётся выделить только незначительную часть перешедшего в раствор щелочного лигнина.

Нами показано, что в процессе сульфатной варки в молекулу лигнина из варочного щелока внедряется сера и имеет место новообразование фенольных и энольных гидроксильных и карбоксильных групп.

В табл. 1 приводятся результаты исследования одного из образцов щелочного сульфатного лигнина, выделенного 33 %-ной серной кислотой из полуупаренного черного щелока Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината.

Перед исследованием лигнин был освобожден от смол и жиров экстракцией петролейным эфиром и от водорастворимых веществ — кипячением с водой в колбе с обратным холодильником в течение 1 часа.

Таблица 1  
Состав щелочного сульфатного лигнина

Показатели	Содержание	
	в %	в мг-экв на 1 г
Вода . . . . .	4,2	—
Зола . . . . .	0,43	—
Метоксильные группы .	12,71	4,1
Гидроксильные группы	10,57	6,22
Суммарное содержание карбоксилов, фенольных и энольных гидроксидов . . . . .	10,2	4,66
В том числе:		
Карбоксильные группы . . . . .	3,66	0,81
Фенольные и энольные гидроксиды (по разности) . . . . .	6,54	3,85
Карбонильные группы .	5,8	~2
Сера . . . . .	1,96	—
Элементарный состав:		
Углерода . . . . .	68,62	—
Водорода . . . . .	5,7	—

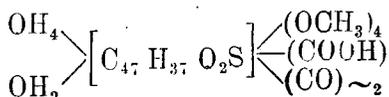
Примечание: В таблице приводятся средние данные из 2-3-х параллельных определений.

Содержание метоксильных групп было определено объемно-аналитическим методом, гидроксильных групп — по Верлею-Бельзину, карбоксильных групп, фенольных и энольных гидроксидов — хемосорбционным методом. Количество карбонильных групп установлено объемным методом с фенилгидразином. Содержание серы определено сжиганием в калориметрической бомбе, а элементарный состав — на микроэлементарной установке. Все расчеты произведены на абсолютно сухую и обеззоленную навеску лигнина.

До последнего времени оставался нерешенным вопрос о наличии в лигнине этиленовых двойных связей. Наши исследования по определению непредельности различных видов лигнина методом бромирования показали, что на единицу лигнина с молекулярным весом 1000 в щелочном сульфатном лигнине приходится около четырех двойных связей. Если учесть, что на единицу медноаммиачного лигнина с молекулярным весом 1000 приходится только около 1,5 двойных связей, то можно сделать вывод об увеличении непредельных свойств лигнина в процессе сульфатной варки.

Предполагается, что при бромировании реакция протекает в основном по типу присоединения. Однако не исключается течение указанной реакции (в незначительной степени) и по типу замещения, так как в отдельных опытах бромирования (главным образом образцов натронного лигнина) наблюдается выделение бромистого водорода.

Проведенные исследования дали возможность уточнить ранее опубликованную нами брутто-формулу щелочного лигнина и придать ей следующий вид:



Таким образом, на единицу с молекулярным весом 1000 в щелочном сульфатном лигнине имеется: четыре фенольных и энольных гидроксила, два гидроксила спиртовых, четыре метоксильных группы, одна карбоксильная группа и около двух карбонильных групп.

Наличие в щелочном сульфатном лигнине значительного количества оксигрупп, главным образом, фенольных гидроксильных, придают ему способность растворяться в водных растворах щелочей и в ряде органических растворителей.

Т а б л и ц а 2

**Растворимость щелочного сульфатного лигнина**

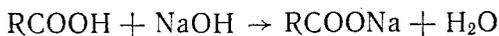
Растворители	Растворимость в % на исходный абсолютно сухой лигнин	
	при комнатной температуре	в аппарате Сокслета
Этиленгликоль . . . . .	100	100
Спирт этиловый . . . . .	66,9	87,6
Бензол . . . . .	1,9	3,5
Эфир этиловый . . . . .	6,4	10,9
Пиридин . . . . .	100	100
Уксусная кислота (ледяная) . . . . .		100
Спирт бутиловый . . . . .	92,7	70,7
Фурфурол . . . . .	30,1	100
Толуол . . . . .	100	6,7
Ацетон . . . . .	2,9	91,7
Дихлорэтан . . . . .	90,3	3,0
Хлороформ . . . . .	1,1	—
Четыреххлористый углерод . . . . .	2,7	
Бензин . . . . .	3,4	4,2
Петролейный эфир	Нерастворим	Нерастворим
Дистиллированная вода	"	"
0,5N водный раствор NaOH . . . . .	"	"
	100	100

Интересно остановиться на реакциях, которыми сопровождается растворение природного лигнина в варочном щелоке при сульфатной варке, а также на реакциях, имеющих место при обратном выделении растворенного лигнина из черного щелока под влиянием кислых реагентов.

Ланге, впервые наблюдавший выпадение осадка щелочного лигнина при нейтрализации черного щелока минеральными кислотами, высказал мысль о кислотном характере щелочного лигнина и назвал его лигно-кислотой. Он предполагал, что в щелок переходят растворимые натриевые соли лигниновых кислот, а при подкислении минеральной кислотой свободные лигнокислоты выпадают в осадок.

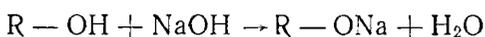
Однако до недавнего времени в щелочном лигнине не было обнаружено карбоксильных групп, почему многие авторы, и в частности Уайз и Джан, считали термин «лигниновые кислоты» ошибочным. В последние годы с несомненностью установлено наличие в щелочном лигнине карбоксильных групп, а поэтому термин «лигнокислоты» в определенной мере следует признать правильным.

Реакцию образования натриевых солей лигнокислот можно представить в следующем виде:



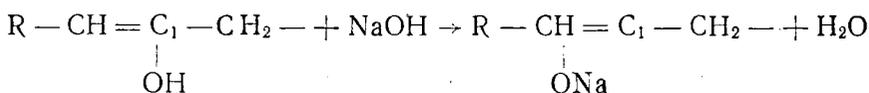
Однако взаимодействием со щелочью только небольшого количества карбоксильных групп, образовавшихся в лигнине в процессе сульфатной варки, делигнификацию объяснить нельзя. Большую роль в процессе делигнификации играют фенольные и энольные гидроксилы, которых в щелочном лигнине содержится в 4—5 раз больше, чем карбоксилов.

Реакцию взаимодействия фенольных гидроксилы лигнина со щелочью можно представить так:



Подтверждением того, что при щелочной варке лигнин образует соединения по типу фенолятов, служит возможность выделения из черного щелока части лигнина путем пропускания в щелок углекислого газа, который не способен вытеснить из солей даже самые слабые органические кислоты, но может разрушать феноляты.

Энольные гидроксилы лигнина, обладающие слабокислыми свойствами, реагируют со щелочью с образованием энولات по схеме:



Эноляты также способны разлагаться углекислым газом.

Таким образом, при обработке черного щелока углекислым газом выпадает лигнин, связанный только в виде фенолятов и энولات. При осаждении же лигнина минеральной кислотой его получается больше, так как выпадает еще и лигнин, входящий в состав солей лигненокислот.

\* \* \*

Изучение свойств щелочного лигнина позволило наметить пути его использования в качестве химического сырья.

На отечественных заводах щелочной сульфатный лигнин до сих пор сжигается при регенерации щелочи. В то же время в заграничной практике технические лигнины в значительной мере используются в производстве резины, смол, пластических масс, клеящих веществ и т. д. Известно, например, что в США различные виды щелочных лигнинов под названием «медол», «томлинит» и «индулин» поступают на рынок как многотоннажное химическое сырье.

Установлено, что без ущерба для процесса регенерации и без компенсации лигнина другим топливом из цикла может быть выведено 10—15% лигнина черных щелоков, что составит в целом по стране около 80 тысяч тонн товарного лигнина в год. При замене же лигнина в процессе регенерации малоценным топливом это количество может быть значительно увеличено.

Технология получения щелочного лигнина весьма проста. Она включает: нейтрализацию черного щелока, фильтрование и промывку на фильтре выделившегося лигнина, сушку и упаковку лигнина.

Получение щелочного сульфатного лигнина в промышленных масштабах может быть налажено на любом сульфатно-целлюлозном заводе в короткий срок и без больших капиталовложений.

Как указывалось, щелочной лигнин можно выделять из щелока как минеральными кислотами, так и углекислотой. Осаждение серной кислотой имеет некоторые преимущества, так как при этом, во-первых, достигается более полное выделение лигнина, а во-вторых, за счет израсходованной на выделение лигнина серной кислоты, щелок обогащается экви-

валентным количеством сульфата, что благоприятно сказывается на процессе варки целлюлозы, так как способствует увеличению сульфидности варочного щелока.

Недостатком метода осаждения щелочного лигнина серной кислотой является сравнительно высокий расход кислоты — около 0,5 кг на 1 кг лигнина (в расчете на моногидрат).

В качестве экономичного метода выделения лигнина можно использовать процесс, совмещающий облагораживание сульфатного мыла с получением лигнина из подмыльного щелока (А. А. Соколова, Б. Д. Богомолов, В. А. Леушева, 1956). Лигнин в этом случае получается в качестве побочного продукта разложения и облагораживания сульфатного мыла, и на выделение его из подмыльных щелоков расходуется кислый раствор бисульфата, образующийся при разложении сульфатного мыла.

При выделении лигнина углекислым газом целесообразно использовать углекислоту отходящих газов котельных, регенерационных агрегатов и известеобжигательных печей. Препятствием к использованию этих газов служит пока высокое содержание в них загрязняющих примесей, которые, осажаясь вместе с лигнином, делают его непригодным для химического использования.

Достаточно чистый щелочной лигнин получается при выделении его из щелоков углекислым газом спиртового брожения. Поэтому в случаях непосредственной близости сульфатно-целлюлозного завода к гидролизному (что имеет место, например, на Сегежском целлюлозно-бумажном комбинате) может оказаться перспективным осаждение лигнина углекислотой брожения.

В практике американских заводов препараты щелочного лигнина выделяются из щелока углекислым газом. При этом углекислый газ связывается в виде углекислого натрия.

Щелочной лигнин, выделенный углекислым газом, имеет более светлый оттенок, чем выделенный серной кислотой, но по свойствам эти лигнины мало отличаются друг от друга.

Поскольку наиболее реальным является выделение лигнина серной кислотой, в наших работах мы, главным образом, ориентировались на лигнин, полученный этим методом.

На Соломбальском целлюлозно-бумажном комбинате длительное время эпизодически работает опытная установка по выделению лигнина, эксплуатация которой позволила накопить необходимые технологические данные. В настоящее время там же в стадии монтажа находится установка, рассчитанная на получение 1 т лигнина в сутки.

Экономические подсчеты показывают, что стоимость лигнина франко-завод изготовитель составляет около 500 руб. за тонну.

Щелочной сульфатный лигнин является наиболее химически активным из всех видов технических лигнинов. Благодаря непредельным свойствам, а также наличию фенольных гидроксильных и карбонильных групп, щелочной сульфатный лигнин может явиться ценным сырьем для ряда химических производств.

Проведенные совместно с НИИМП исследования\* в направлении использования указанного лигнина в производстве пластмасс и, главным образом, по установлению рецептуры и режима приготовления новолачных смол с частичной заменой в них кристаллического фенола на лигнин и по приготовлению пресс-порошков на основе этих смол и по рецептуре К-18-2 показали, что полученные пресс-порошки по своим физико-меха-

\* Работа выполнена при участии Ф. А. Крупкиной и Н. В. Афанасьевой.

ническим и диэлектрическим показателям вполне удовлетворяют действующему ГОСТу (табл. 3).

Разработанная рецептура приготовления фенол-лигниновых смол на основе щелочного сульфатного лигнина позволяет экономить 50% кристаллического фенола и 40% формальдегида, что может снизить себестоимость готовых изделий в 2 раза по сравнению с аналогичными пресс-порошками на кристаллическом феноле.

Таблица 3

## Сравнительная качественная характеристика пресс-порошков

Показатели	Пресс-порошки	
	на основе фенол-лигнинформальдегидной смолы	К-18-2 (стандартный)
Удельная ударная вязкость в кг·см/см <sup>2</sup> . . . . .	4,8—6,7	не менее 4
Водопоглощение в % . . . . .	0,1—0,2	0,25—0,35
Статический изгиб в кг/см <sup>2</sup> . . . . .	570—700	500—800
Удельное поверхностное сопротивление ом . . . . .	1,5—10 <sup>11</sup>	1,10 <sup>9</sup> —1,10 <sup>11</sup>
Удельное объемное сопротивление в ом·см . . . . .	2—3—10 <sup>11</sup>	1,10 <sup>9</sup> —1,10 <sup>11</sup>
Теплостойкость по Мартенсу в °С . . . . .	125—135	110—225
Тангенс угла диэлектрических потерь . . . . .	0,33—0,6	0,4—0,8

Указанный в табл. 3 пресс-порошок, а также и другие порошки, приготовленные на основе смол, в которых кристаллический фенол был заменен ксиленолом и крезолом, были испытаны в местной промышленности г. Архангельска при изготовлении изделий широкого потребления. По своему внешнему виду эти изделия не уступали подобным изделиям из пресс-материала на основе фенол-формальдегидной смолы, хорошо выдерживали механическую обработку и испытания на прочность.

В ближайшее время в соответствии с планом, утвержденным Министерством химической промышленности СССР, на заводе «Карболит» (Орехово-Зуево) предполагается провести более широкие опытно-промышленные работы по внедрению щелочного сульфатного лигнина в производство пластических масс.

Перспективным является использование лигнина в качестве сырья для производства ванилина.

Из щелочного сульфатного лигнина, осажденного серной кислотой из черного щелока первых стадий варки целлюлозы (до температуры 140°С), методом щелочного окисления в присутствии гидроокиси меди, можно получать ванилин с выходом около 13% от лигнина (А. А. Соколова, Е. В. Назарьева, Н. А. Баранова, 1957). Этот процент свидетельствует о высокой эффективности производства ванилина из щелочного сульфатного лигнина, так как существующее производство ванилина из лигносульфонатов дает выход ванилина только около 1,5%.

Большое народнохозяйственное значение может иметь применение щелочного лигнина как активного наполнителя в резине.

Исследования, проведенные совместно с Научно-исследовательским институтом резиновой промышленности (НИИРП), подтвердили высо-

кую эффективность применения лигнина в данной области (Е. П. Хераскова, Б. Д. Богомолов, К. Ф. Калуженина, И. А. Скуба, 1950). В решении расширенного заседания сырьевой секции ученого совета НИИРП 25.XI.1950 г. по результатам использования в производстве резины различных видов лигнина записано: «Практический интерес для резиновой промышленности представляет только сульфатный лигнин, полученный на опытной установке Архангельского лесотехнического института. Указанный лигнин является активным наполнителем резины».

Резины, наполненные лигнином, почти не уступают по качеству резинам с газовой сажей и значительно превосходят резины с ламповой сажей:

Таблица 4

**Сравнительная характеристика резин с сажами  
и щелочным лигнином**

Показатели	Наполнители резины		
	с а ж а		лигнин
	газовая	ламповая	
Прочность на разрыв в $кг/см^2$	220	132	200
Относительное удлинение в %	560	450	750
Остаточное удлинение в %	20	17	30
Эластичность по Шобу	35	45	34
Твердость по Шору	68	72	73
Надрыв в $кг/см^2$	55	49	61
Истираемость	360	—	470

Последующими работами НИИРП эти показатели были улучшены, что видно из табл. 5.

Однако из-за междуведомственных неувязок эта весьма перспективная работа до сих пор не внедрена в промышленность.

Таблица 5

**Физико-механические свойства резин с лигнином  
и с канальной газовой сажей**

Показатели	Наполнители		
	лигнин		сажа газова- вая канальная
	с соснов- вой смо- лой	с ишимба- евским ма- зутом	
Оптимальное время вулканизации в мин.	40	50	40
Модуль в $кг/см$ при: 200%	54	34	49
300%	96	56	72
500%	161	114	—
Сопротивление разрыву в $кг/см^2$	209	213	208
Относительное удлинение в %	610	700	684
Остаточное удлинение в %	23	23	23
Надрыв по Гудричу в $кг/см^2$	74	70	67
Коэффициент старения за 5 суток при 100°C:			
по сопротивлению разрыву	0,51	0,46	0,90
по относительному удлинению	0,41	0,41	0,40
Коэффициент теплостойкости при 100°C:			
по сопротивлению разрыву	0,26	0,22	0,58

Продолжение

Показатели	Наполнители		
	лигнин		сажа газовая канальная
	с сосновой смолой	с пшимаевским мазутом	
по относительному удлинению . . . . .	0,48	0,46	0,90
Потери при истирании в см <sup>3</sup> /час . . . . .	278	298	246
Твердость по Шору . . . . .	83	80	74
Эластичность по Шобу . . . . .	37	38	35
Ходимость в циклах до появления трещин . . . . .	11250	8700	17500
Ходимость в циклах до разрушения . . . . .	45000	33750	65000
Температура хрупкости в °С . . . . .	-55	-56	-53
Теплообразование при сжатии на 30% в °С . . . . .	121	115	112
Остаточная деформация после статического сжатия в % . . . . .	6,2	7,5	8,0

Общность строения молекулы лигнина со строением веществ, входящих в растительные таниды, делает лигнин ценным химическим сырьем и для производства дубителей. Установлено (А. А. Соколова, Л. В. Меньшикова, К. В. Гусева), что дубители, полученные на основе щелочного сульфатного лигнина, по своим дубящим свойствам не уступают экстракту и превосходят некоторые синтетические дубители и еловый экстракт, применяемые в настоящее время в кожевенном производстве.

Таблица 6

Сравнительная характеристика дубителей

Дубители	Содержание в % на абсолютно сухое вещество				Доброкачественность	Сухой остаток в г/л
	нерастворимых веществ	растворимых				
		всего	в том числе			
			нетаннидов	таннидов		
На основе щелочного сульфатного лигнина: № 26 . . . . .	—	100	46,3	53,7	53,7	7,8
№ 30 . . . . .	—	100	39,3	60,7	60,7	6,1
Дубовый экстракт . . . . .	3,3	96,7	38,7	58	60	6,9
Синтан № 1 . . . . .	—	100	44	56	56	2
№ 3 . . . . .	5,8	94,2	41,7	52,5	55,7	2
„СФТ“ . . . . .	—	100	60,1	39,9	39,9	7
„ПЛ“ . . . . .	—	100	52	48	48	8
„СПС“ . . . . .	1,2	98,8	47,1	51,7	52,3	—
Еловый экстракт . . . . .	—	95	53	42	44,2	—

Поскольку щелочной сульфатный лигнин может быть применен в качестве химического сырья в ряде производств, представляет несомненный интерес вопрос стабильности его при хранении.

Изучение «старения» щелочного сульфатного лигнина образца Л-51, хранившегося в течение двух лет в тонком слое, не защищенном от воздействия света и воздуха, методом периодического контроля на функциональные группы и некоторые химические свойства показало, что щелочной сульфатный лигнин в процессе хранения претерпевает некото-

рые изменения в содержании кислых групп. Однако эти изменения, связанные с увеличением оксигрупп в молекуле лигнина являются положительными, так как направлены в сторону активации лигнина.

Таблица 7

## Характеристика «старения» щелочного сульфатного лигнина

Определения	Единицы измерения	Результаты на абсолютно сухой и обеззоленный лигнин					
		исходный образец Л-51		через 1 год		через 2 года	
		параллельные определения	среднее	параллельные определения	среднее	параллельные определения	среднее
Метоксильные группы	%	$\frac{12,5}{12,46}$	12,48	$\frac{12,48}{12,35}$	12,42	$\frac{12,25}{12,50}$	12,37
Гидроксильные группы (общие) . . . . .	"	$\frac{9,42}{9,52}$	9,47	$\frac{9,41}{9,41}$	9,41	$\frac{9,38}{9,42}$	9,4
Карбоксильные группы и фенольные гидроксилы . . . . .	$\frac{мг-экв}{г}$	$\frac{4,46}{4,42}$	4,44	$\frac{4,68}{4,61}$	4,65	$\frac{5,22}{5,20}$	5,21
Карбоксильные группы	"	$\frac{0,69}{0,72}$	0,7	$\frac{0,78}{0,88}$	0,83	$\frac{0,89}{0,86}$	0,88
Фенольные гидроксилы	"	$\frac{3,77}{3,70}$	3,74	$\frac{3,9}{3,73}$	3,82	$\frac{4,33}{4,34}$	4,33
Растворимость в этиловом спирте при нагревании с обратным холодильником в течение 1 часа . . . . .	%	$\frac{87,71}{87,50}$	87,61	88,14	88,14	—	—
Количество связываемой щелочи при комнатной температуре в течение часа . . . . .	$\frac{мг-экв}{г}$	2,16	2,16	3,02	3,02	$\frac{3,09}{3,16}$	3,12

Многолетние исследования образцов щелочного сульфатного лигнина, выделенных в производственных условиях, позволили установить постоянство свойств лигнина, что дает основание рассматривать его как достаточно стабильное химическое сырье:

В результате исследований были разработаны технические условия на щелочной лигнин, как сырье для производства пластмасс и как активный наполнитель для резины, согласованные с НИИПластмасс и НИИ Резиновой промышленности (см. табл. 8).

В решении задачи, поставленной Коммунистической партией, — в ближайшие годы создать мощную промышленность пластических масс и других синтетических материалов — важнейшим условием является расширение сырьевой базы.

Этому целиком соответствует организация промышленного производства щелочного лигнина и превращение части его из топлива в химическое сырье. Известно, что развитие и совершенствование химических методов переработки и использования сырья становится теперь одним из главных факторов технического прогресса.

Производство щелочного лигнина базируется на мощной, непрерывно развивающейся быстрыми темпами сульфатно-целлюлозной промышленности, в которой оно будет способствовать рациональному комплексному использованию вещества древесины (А. А. Соколова, Б. Д. Богомолов,

1957) и дальнейшему повышению эффективности целлюлозного производства. Немаловажным является так же введение в цикл регенерации сульфатно-целлюлозных комбинатов дополнительного количества сульфата, образующегося при выделении лигнина серной кислотой.

Все вышеизложенное позволяет считать, что щелочной лигнин является весьма ценным химическим сырьем, которому принадлежит большое будущее.

Таблица 8

**Технические условия на промышленный  
щелочной сульфатный лигнин**

Показатели физико-химических свойств	Нормы в %
Влажность не более . . . . .	15
Зольность не более . . . . .	1,5
Кислотность . . . . .	нейтральн.
Водорастворимых веществ не более	7
Содержание смол и жиров не более	3
Содержание лигнина на абсолютно сухой исходный лигнин не менее .	85
Растворимость в щелочи не менее .	99
Содержание метоксидов не менее .	11

**ЛИТЕРАТУРА**

Богомолов Б. Д. «Некоторые вопросы химизма сульфатной и натронной варок целлюлозы». Материалы конференции по химии и технологии лигнина. Труды ЛТА, вып. 75, Л., 1956. Богомолов Б. Д. «К вопросу о теоретических основах натронной и сульфатной варок целлюлозы». Труды АЛТИ, т. 17, 1957. Богомолов Б. Д., Соколова А. А. «Щелочной сульфатный лигнин». «Бумажная промышленность» № 9, 1952. Соколова А. А., Богомолов Б. Д. Способ получения ванилина. Авторское свидетельство 110045, 8 февраля 1957. Соколова А. А., Богомолов Б. Д. «О повышении эффективности использования вещества древесины при производстве целлюлозы сульфатным способом». Материалы совещания по проблемам промышленного использования отходов древесины. Изд-во АН СССР, 1956. Соколова А. А., Богомолов Б. Д., Леушева В. А. «Рациональное использование сульфатного мыла». «Бумажная промышленность» № 2, 1956. Соколова А. А., Меньшикова Л. В., Гусева К. В. «Технология получения дубителей из щелочного сульфатного лигнина». Бюллетень технико-экономической информации АН СССР № 12, 1957. Соколова А. А., Назарьева Е. В., Баранова Н. А. «Получение ванилина из щелочного сульфатного лигнина», «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 3, 1957. Louis Wise and Edwin Jahn. Wood chemistry. Second edition, vol. I a. II. Reinhold publishing corporation, New York, 1952. Erik Häglund. Chemistry of Wood. Academic pressinc. New York, 1951.

Поступила в редакцию  
24 октября 1957 г.

## О РАСЧЕТЕ КОЛИЧЕСТВА ТАРЕЛОК РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

### Сообщение I

**В. И. ГАГАРИН**

Ст. преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Ректификация нашла широкое применение в гидролизном и лесохимических производствах (получение метилового и этилового спиртов, уксусной кислоты и сложных эфиров, фурфурола, скипидара и других продуктов). В цехах большинства предприятий названных отраслей промышленности установлены ректификационные колонны с колпачковыми тарелками. При проектировании колонн необходимо решить вопрос о количестве тарелок. И хотя этой проблеме посвящены многочисленные труды и исследования (см. список использованной литературы), надежный метод расчета все еще не разработан.

В данной статье излагается анализ некоторых методов расчета количества тарелок применительно к процессу ректификации двойной смеси в колонне непрерывного действия, имеющей тарелки беспровального типа; показывается связь между этими методами и предпринимается попытка выяснить пути уточнения способа определения числа тарелок.

### I. Метод Мак Кэба—Тиле

В основу метода положен целый ряд допущений (Я. М. Брайнс, 1947; В. Бэджер и В. Мак Кэб, 1934; Мэрфри, 1925, стр. 960 и 747):

1. Процесс ректификации установился во времени и пространстве.
2. Количество молей паров, поднимающихся вверх по укрепляющей части ( $V'$ ), и количество молей жидкости, стекающей вниз по ней ( $R'$ ), а также потоки паров ( $V''$ ) и жидкости ( $R''$ ) исчерпывающей части колонны, сохраняются постоянными по всей высоте соответствующей части аппарата (рис. 1). Допущение обосновывается тем, что компоненты разделяемой смеси весьма часто имеют близкие по величине молярные теплоты парообразования, а их теплоемкости и температуры в пределах одной тарелки меняются очень мало, то есть считают, что теплосодержание 1 моля паров остается неизменным.

3. Потери материала и тепла в окружающую среду не имеют места.

4. Питание колонны жидкофазное.

5. Вся исходная смесь подводится в колонну в одном сечении (на тарелку питания).

6. Из колонны отбирается только два продукта: «верхний продукт», — из паровой фазы самого верхнего элемента аппарата (через дефлегматор) и «нижний продукт» — из жидкой фазы самого нижнего элемента его.

7. Все пары, уходящие из верхнего элемента колонны, конденсируются в дефлегматоре-конденсаторе, в котором по этой причине укрепление дистиллята не производится. Следовательно, состав верхнего продукта колонны ( $X_p$ ) и состав флегмы ( $X_{фл}$ ) оказывается одинаковым с составом паров ( $Y_n$ ), покидающих верхнюю тарелку ее\*.

8. Острый водяной пар в колонну не вводится ( $W_d = 0$ );

9. Флегма, поступающая в колонну, имеет температуру, равную температуре кипения смеси данного состава.

10. Исходная смесь подается в колонну нагретой до кипения, а концентрация ее равна концентрации жидкости, стекающей с нижней тарелки укрепляющей части, то есть  $X_f = X_1$  и  $t_f = t_1$ .

11. На каждой тарелке колонны достигается равновесие между жидкой и паровой фазами.

Используя условия перечисленных допущений, Мак Кэб и Тиле из частных материальных балансов по легколетучему компоненту получили уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей (уравн. 1) и исчерпывающей (уравн. 2) частей колонны (здесь и ниже штрихи индексов опускаются):

$$Y_{m-1} = \frac{R}{R+1} X_m + \frac{X_p}{R+1}, \quad (1)$$

$$Y_{m-1} = \frac{R+F}{R+1} X_m - \frac{F-1}{R+1} X_w = AX_m + B, \quad (2)$$

где 
$$F = \frac{X_p - X_w}{X_f - X_w}, \quad (3)$$

$$R = \beta R_{\min} = \beta \frac{X_p - Y_f^*}{Y_f^* - X_f}. \quad (4)$$

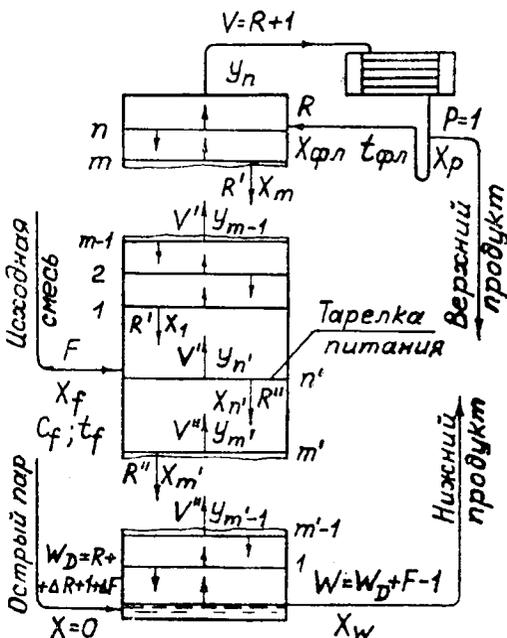


Рис. 1.

\* См. условные обозначения в конце статьи.

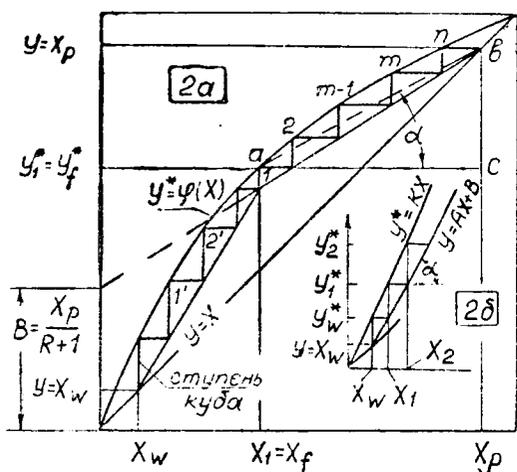


Рис. 2.

равновесия  $Y^* = \varphi(X)$  и линиями рабочих концентраций строят ступени изменения концентраций, то есть определяют число теоретических тарелок. Описанный способ расчета количества теоретических тарелок известен под названием метода Мак Кэба—Тиле. Переход от числа теоретических тарелок ( $n_T$ ) к количеству действительных ( $n$ ) осуществляется через средний коэффициент полезного действия (к. п. д.) тарелок:

$$\eta = \frac{n_T}{n} \quad (5)$$

В зоне низких концентраций легколетучего компонента смеси кривая фазового равновесия практически совпадает с прямой  $Y^* = kX$ . Это дает возможность рассчитать количество теоретических тарелок аналитическим способом. Для нижней ступени изменения концентраций (см. рис. 2б) справедливо равенство:

$$\operatorname{tg} \alpha = A = \frac{Y_w^* - X_w}{X_1 - X_w} = \frac{(k-1)X_w}{X_1 - X_w}, \text{ откуда:}$$

$$X_1 - X_w = \frac{k-1}{A} X_w = a. \text{ Аналогичным путем получаем:}$$

$$X_2 - X_1 = a \frac{k}{A},$$

$$X_3 - X_2 = a \left(\frac{k}{A}\right)^2$$

$$X_m - X_{m-1} = a \left(\frac{k}{A}\right)^{m-1}$$

Правые части равенств являются членами геометрической прогрессии. Суммируя уравнения по частям и производя необходимые преобразования, выводим формулу:

$$\frac{X_m}{X_w} = \left[ \left(\frac{k}{A}\right)^m - 1 \right] \frac{k-1}{k-A} + 1, \quad (6)$$

При установившемся процессе ректификации уравнения (1, 2) выражают прямые линии, построение которых ясно из рис. 2а. Линия рабочих концентраций показывает зависимость состава жидкости, стекающей с данной ( $m$ ) тарелки, от концентрации паров, приходящих на нее с нижней расположенной ( $m-1$ ) тарелки, а угловой коэффициент уравнения этой линии ( $A$ ) численно равен отношению потока жидкости к потоку паров.

Между кривой фазового

где  $A$  — угловой коэффициент линии рабочих концентраций исчерпывающей части колонны;  
 $m$  — количество теоретических тарелок в зоне прямолинейного участка кривой фазового равновесия от  $X_w$  до  $X_m$ .

### II. Метод Мэрфри

Рассматриваемый способ расчета отличается от метода Мак Кэба — Тиле тем, что в нем исключено допущение II. Отсутствие равновесия фаз на любой тарелке колонны учитывается истинным к. п. д. этой тарелки (см. рис. 3):

$$\eta_m = \frac{Y_m - Y_{m-1}}{Y_m^* - Y_{m-1}} = \frac{BC'}{A'C'} \quad (7)$$

Физический смысл истинного к. п. д. тарелки заключается в том, что он показывает отношение действительного изменения концентрации паров на данной тарелке (на входе и выходе) к теоретически возможному, то есть в том, что данная величина характеризует эффективность работы действительной тарелки и степень соответствия ее конструкции характеру протекающего на ней процесса.

Сущность метода Мэрфри такова: на ординате из  $X_w$  (см. рис. 3) откладывают отрезок

$B_1 C_1 = \eta_1 A_1 C_1$ , параллельно оси абсцисс, проводят линию  $B_1 C_2$ ; из точки  $C_2$  строят прямую  $A_2 C_2$ , параллельную оси ординат, находят отрезок  $B_2 C_2 = \eta_2 A_2 C_2$  и т. д. до тех пор, пока не будет достигнута концентрация  $X_p$ . Каждая ступень графика соответствует одной действительной тарелке.

В настоящее время нет подробных данных об истинных к. п. д. тарелок (Грисволд и Стюарт, 1947, стр. 752), но это составляет цель наметившегося пути исследований кинетики процесса ректификации (Экспресс-информация).

### III. Ректификация при $t_f < t_{кип}$ ; $t_{фл} = t_{кип}$ ; $W_D = 0$ .

Составляем уравнения частных материальных балансов по легколетучему компоненту двойной смеси для всей колонны (см. рис. 1):

$$FX_f = (W_D + F - 1) X_w + X_p, \quad (8)$$

для верхней отрезанной части:

$$RX_{фл} + V'Y_{m-1} = R'X_m + (R + 1)Y_n \quad (9)$$

и для нижней отрезанной части ее:

$$R''X_m = V''Y_{m-1} + (W_D + F - 1) X_w = V''Y_{m-1} - X_p + FX_f. \quad (10)$$

Из рис. 1 и допущений 1—9 следует, что  $R' = R = \text{const}$ ,  $V' = V =$

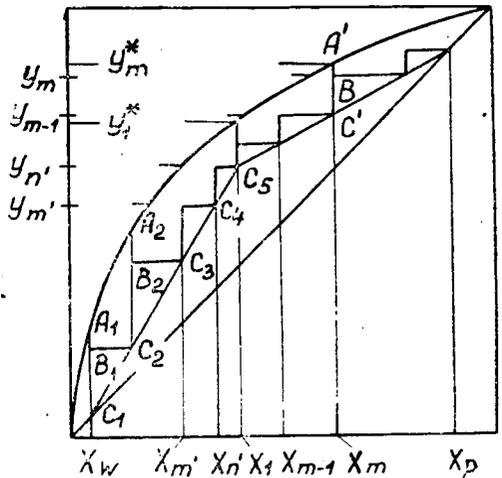


Рис. 3.

$= R + 1 = \text{const}$ ,  $X_{\text{фл}} = X_p = Y_n$  и  $W_{\text{д}} = 0$ . Таким образом, равенство (9) дает уравнение (1).

Так как на тарелку питания поступает исходная смесь, не нагревая до кипения (исключаем допущение 10), то на нагревание  $F$  молей ее от начальной температуры ( $t_f$ ) до температуры кипения жидкости на тарелке питания ( $t_{\text{кип}}$ ) расходуется тепло конденсации некоторого количества молей паров ( $\Delta F$ ), приходящих с нижерасположенной тарелки исчерпывающей части колонны (Кузнецов и др., 1935; Грисволд, Стюарт, 1947). Следовательно,

$$R'' = R' + F + \Delta F = R + F + \Delta F = \text{const}, \quad (11)$$

$$V'' = V' + \Delta F = R + 1 + \Delta F = \text{const}. \quad (11a)$$

Решая совместно уравнения (10, 11 и 11a), получаем:

$$Y_{m-1} = \frac{R + F + \Delta F}{R + 1 + \Delta F} X_m - \frac{F - 1}{R + 1 + \Delta F} X_w = \frac{R + F + \Delta F}{R + 1 + \Delta F} X_m + \frac{X_p - FX_f}{R + 1 + \Delta F}, \quad (12)$$

где  $F$  — величина, определяемая формулой (3).

Уравнение (12) выражает прямую, а подстановка  $X_m = X_w$  убеждает, что линия проходит через точку  $Y = X = X_w$ . Для определения абсциссы точки пересечения линий рабочих концентраций необходимо решить совместно уравнения (1, 12). Находим, что

$$X_{\text{пер}} = \frac{F(R + 1)X_f + \Delta FX_p}{F(R + 1) + \Delta F}. \quad (13)$$

Подставляя в формулу (13)  $X_p = X_f + X$ , узнаем, что  $X_{\text{пер}} > X_f$ . К сожалению, равенство содержит три неизвестных величины  $X_{\text{пер}}$ ,  $R$ ,  $\Delta F$  и оказывается неразрешимым.

При нагревании исходной смеси на тарелке питания содержание легколетучего компонента в ней увеличивается (Кузнецов и др., 1935; Грисволд, Стюарт, 1947), и когда концентрация ее достигает некоторого значения  $X_{\text{кип}}$ , жидкость закипает. Если для нагревания используется только доля сечения тарелки, то на остальной части ее протекает процесс массообмена, аналогичный процессам на всех прочих тарелках исчерпывающей части колонны. Таким образом, процесс массоперехода в промежутке от концентрации жидкости на выходе с тарелки питания ( $X_n$ ) до концентрации  $X_{\text{кип}}$  отражается линией рабочих концентраций исчерпывающей части аппарата, то есть прямолинейным отрезком. Изменение потоков пара и жидкости в зоне от  $X_{\text{кип}}$  до концентрации поступающей на тарелку флегмы ( $X_1$ ) сопровождается постепенным ростом углового коэффициента уравнения (12), так как  $\Delta F$  убывает. Следовательно, линия рабочих концентраций имеет криволинейный участок, конец которого в случае несовершенного смешивания исходной смеси и флегмы лежит на линии рабочих концентраций укрепляющей части колонны в точке с абсциссой  $X_1$ .

Так как изменение концентрации жидкости в пределах одной тарелки невелико, то можно считать, что линии рабочих концентраций являются прямыми и пересекаются в точке с абсциссой  $X_1$ . По этой же причине принимаем  $t_{\text{кип}} = t_1$ . Ошибка, вызванная сделанными допущения-

ми, будет тем меньше, чем выше температура исходной смеси и чем больше разница между концентрациями  $X_f$  и  $X_p$ .

Величину  $\Delta F$  находим из уравнения частного материального баланса тарелки питания по легколетучему компоненту смеси:

$$FX_f + RX_1 + (R + 1 + \Delta F) Y_m = (R + F + \Delta F) X_n + (R + 1) Y_n \quad (14)$$

Из рис. 3 видим, что для точек  $C_4$  и  $C_5$  справедливо уравнение (12):

$$(R + 1 + \Delta F) Y_m = (R + F + \Delta F) X_n + X_p - FX_f, \quad (14a)$$

$$(R + 1 + \Delta F) Y_n = (R + F + \Delta F) X_1 + X_p - FX_f \quad (14б)$$

Совместное решение уравнений (14, 14а, 14б) дает:

$$\Delta F = F \frac{X_1 - X_f}{Y_n - X_1}. \quad (15)$$

Выражаем  $Y_n$  через  $X_1$  и подставляем полученное значение в формулу (15):

$$\Delta F = F(R + 1) \frac{X_1 - X_f}{X_p - X_1}, \quad (16)$$

где  $R = \beta R_{min} = \beta \frac{X_p - Y_1^*}{Y_1^* - X_1} \quad (17)$

Баланс тепла, пошедшего на нагревание исходной смеси от температуры на входе в колонну ( $t_f$ ) до температуры кипения жидкости на тарелке питания ( $t_{кип} = t_1$ ), выражается равенством:

$$FC_f(t_1 - t_f) = \Delta F \cdot r, \quad (18)$$

где:  $C$  — средняя молярная теплоемкость исходной смеси для промежутка  $t_f \div t_1$ , ккал/кг-моль °С;

$r$  — молярная теплота конденсации паров, приходящих на тарелку питания, ккал/кг-моль.

Для узкого промежутка значений  $X_1$  принимаем линейную зависимость:

$$t_1 = \delta + eX_1$$

Таким образом,  $\Delta F = \frac{FC_f(t_1 - t_f)}{r} = \frac{FC_f(\delta + eX_1 - t_f)}{r} \quad (20)$

Система уравнений (16, 20) содержит три неизвестных величины ( $X_1, R, \Delta F$ ), поэтому возможно только графическое решение в координатах ( $\Delta F, X_1$ ). Если флегмовое число  $R$  известно, концентрация  $X_1$  рассчитывается аналитически:

$$AX_1^2 + BX_1 + E = 0 \quad (21)$$

$$A = -e$$

$$B = t_f - \delta + eX_p - (R + 1) \frac{r}{C_f}$$

$$E = (\delta - t_f) X_p + (R + 1) \frac{r}{C_f} X_f$$

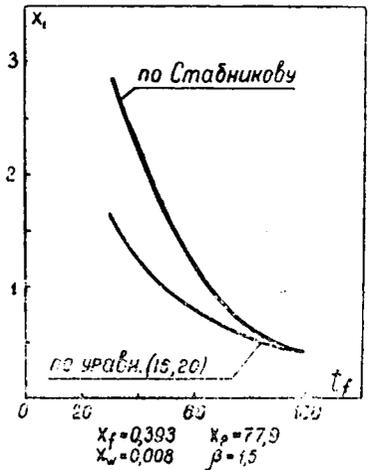


Рис. 4.

Е. Ф. Четвериков указывает, что описанный В. Н. Стабниковым и С. Е. Хариним аналитический метод дает завышенные значения концентрации жидкости на тарелке питания и что завышение возрастает с понижением температуры исходной смеси. В основе рассматриваемого метода лежит допущение, что  $R = R_{\min}$ , чем, по-видимому, и объясняется завышение результатов вычислений. Сопоставляя результаты подсчетов (рис. 4) можно, видимо, считать, что метод, основанный на уравнениях (16, 20), вероятно, более точен, чем способ, рекомендованный В. Н. Стабниковым и С. Е. Хариним.

В работах Н. И. Гельперина изложен один из методов определения точки пересечения линий рабочих концентраций. При выводе расчетного уравнения этого метода предполагалось, что на тарелке питания, по крайней мере в зоне нагревания жидкости, отсутствует массообмен и что исходная смесь нагревается до температуры кипения, соответствующей ее составу на входе в колонну. Мы полагаем, что указанные допущения делают данный метод менее точным, чем метод, предложенный В. Н. Стабниковым и С. Е. Хариним.

#### IV. Ректификация при $t_f < t_{\text{кип}}$ , $t_{\text{фл}} < t_{\text{кип}}$ и $W_d = 0$

Если в дефлегматоре конденсируются все поступающие в него пары, то завышенный расход охлаждающей жидкости приводит к охлаждению конденсата паров (исключаем допущение 9), то есть к подаче в колонну «холодной» флегмы. Дальнейшее понижение температуры флегмы вызывается теплопотерями трубопровода между дефлегматором и колонной. Нагревание флегмы от температуры на входе в колонну ( $t_{\text{фл}}$ ) до температуры кипения жидкости на верхней тарелке ( $t$ ) происходит за счет конденсации некоторого количества паров ( $\Delta R$ ), приходящих на эту тарелку:

$$RC_{\text{фл}}(t - t_{\text{фл}}) = \Delta R r, \quad (22)$$

где  $C_{\text{фл}}$  — средняя молярная теплоемкость флегмы для промежутка  $t - t_{\text{фл}}$ , ккал/кг-моль °С;

$r$  — молярная теплота конденсации паров, поступающих на верхнюю тарелку, ккал/кг-моль.

Учитывая, что в колонну вводится некипящая исходная смесь (исключаем допущение 10), имеем:

$$R = R + \Delta R = \text{const} \quad (23)$$

$$V' = V + \Delta R = R + \Delta R + 1 = \text{const} \quad (24)$$

$$R'' = R' + F + \Delta F = R + \Delta R + F + \Delta F = \text{const} \quad (25)$$

$$V'' = V' + \Delta F = R + \Delta R + 1 + \Delta F = \text{const} \quad (26)$$

Совместное решение уравнений (9, 23, 24) и (10, 25, 26) дает

$$Y_{m-1} = \frac{R + \Delta R}{R + \Delta R + 1} X_m + \frac{X_p}{R + \Delta R + 1} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} Y_{m-1} &= \frac{R + \Delta R + F + \Delta F}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_m - \frac{F - 1}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_w = \\ &= \frac{R + \Delta R + F + \Delta F}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_m + \frac{X_p - FX_f}{R + \Delta R + 1 + \Delta F}, \end{aligned} \quad (28)$$

где  $F$  и  $\Delta R$  — величины, определяемые уравнениями (3, 22).

Не составляет труда убедиться, что линия рабочих концентраций укрепляющей части колонны (уравн. 27) проходит через точку ( $Y = X = X_p$ ) и отсекает на оси ординат отрезок  $B = \frac{X_p}{R + \Delta R + 1}$ .

Анализ уравнения (28) по методике предыдущего раздела показывает, что линия рабочих концентраций исчерпывающей части колонны проходит через точку ( $Y = X = X_w$ ) и пересекает линию рабочих концентраций укрепляющей части в точке с абсциссой  $X_1$ ; что формулы (16, 20, 21) пригодны и в данном случае, но вместо  $R$  надо подставлять  $R + \Delta R$  — действительное флегмовое число (внутри колонны), не зависящее от температуры флегмы (см. уравн. 29 и 17); что рабочее флегмовое число

$$R = \beta R_{\min} = \beta \frac{X_p - Y_p^*}{Y_1^* - X_1} - \Delta R \quad (29)$$

количество паров, поднимающихся вверх по укрепляющей части колонны, не зависит от температуры поступающей в нее флегмы ( $R + \Delta R + 1 = \text{const}$ ). При нагревании жидкости на верхней тарелке конденсируется определенная доля этих паров ( $\Delta R$ ), но тепловая нагрузка дефлегматора не уменьшается, так как эквивалентное количество тепла выделяется в ходе охлаждения флегмы. Частичное охлаждение верхнего продукта колонны в дефлегматоре и ухудшение условий теплообмена в нем (появление зоны охлаждения конденсата паров, изменение средней разности температур и др.) обуславливают повышенный расход охлаждающей жидкости.

Включение дефлегматора по схеме полной конденсации паров облегчает регулировку. Но это не всегда целесообразно, так как не используется укрепляющее действие дефлегматора, а колонна работает с повышенным расходом тепла.

Охлаждение флегмы за счет теплопотерь в трубопроводе не может вызвать существенного изменения разделяющей способности колонны, но несколько снижает расход охлаждающей воды.

## V. Ректификация при $t_f < t_{\text{кип}}$ , $t_{\text{фл}} < t_{\text{кип}}$ и $W_d \neq 0$

Давление острого водяного пара обычно превышает давление в нижнем элементе колонны. По этой причине теплосодержание 1 моля насыщенных паров, образующихся в нижнем элементе колонны, несколько меньше, чем теплосодержание 1 моля острого греющего пара. Эта разница теплосодержаний уменьшается за счет расхода тепла на расширение самого острого пара и на преодоление сопротивлений в барботере. Кроме того, теплота «перегрева» острого пара составляет очень малую долю от его полного теплосодержания. На основании всего сказанного можно считать, что практически на каждый моль паров, поднимающихся вверх по исчерпывающей части колонны, приходится один моль острого водяного пара, то есть

$$W_d = V'' = R + \Delta R + 1 + \Delta F. \quad (30)$$

Уравнение (27) остается в силе. Поток жидкости в исчерпывающей части колонны выражается равенством (26). Решая совместно уравнения (10, 26, 30), находим:

$$Y_{m-1} = \frac{R + \Delta R + F + \Delta F}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_m - \frac{W_d + F - 1}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_w =$$

$$\frac{R + \Delta R + F + \Delta F}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} X_m + \frac{X_p - FX_f}{R + \Delta R + 1 + \Delta F} = AX_m + B, \quad (31)$$

где  $\Delta R$  — величина, определяемая формулой (22) и

$$F = \frac{X_p + (W_d - 1) X_w}{X_f - X_w}. \quad (3a)$$

Так как  $X_p \gg X_w$ , то во многих случаях слагаемым  $(W_d - 1) X_w$  уравнения (3a) можно пренебречь.

Анализ уравнения (31) показывает, что линия рабочих концентраций исчерпывающей части колонны проходит через точку ( $Y = 0$ ,  $X = X_w$ ) и пересекает линию рабочих концентраций укрепляющей части в точке с абсциссой  $X_1$ ; что уравнения (16, 20, 21) применимы и в данном случае, но вместо  $R$  следует подставлять  $R + \Delta R$ ; что рабочее флегмовое число определяется формулой (29).

Итак, уточнение методики расчета количества тарелок допускает исключение допущений 8, 9 и 10 из числа обязательных.

В зоне низких концентраций легколетучего компонента смеси, когда  $Y^* = kX$ , количество теоретических тарелок можно подсчитать, применив верную для данных условий ректификации ( $W_d \neq 0$ ) формулу Сореля:

$$\frac{X_m}{X_w} \left( \frac{k}{A} - 1 \right) = \left( \frac{k}{A} \right)^{m+1} - 1. \quad (32)$$

## VI. Ректификация при парофазном питании колонны,

$$t_{фз} < t_{кип} \text{ и } W_d \neq 0$$

Предположим, что в колонну вводится  $\Pi$  молей насыщенного пара, содержащего  $Y_{\Pi}$  легколетучего компонента смеси. Составим уравнение общего материального баланса колонны:

$$W_d + \Pi = W + 1, \quad (33)$$

и уравнение частного материального баланса ее по легколетучему компоненту:

$$\Pi Y_{\Pi} = WX_w + X_p = (W_d + \Pi - 1) X_w + X_p. \quad (34)$$

Равенство (9) остается в силе, а уравнение (10) принимает вид:

$$R' X_m = V'' Y_{m-1} + (W_d + \Pi - 1) X_w = V'' Y_{m-1} - X_p + \Pi Y_{\Pi}. \quad (35)$$

Так как  $R' = R + \Delta R$ , а  $V'' = R + \Delta R + 1$ , то уравнение (27) остается справедливым и для рассматриваемого процесса ректификации.

В исчерпывающей части колонны имеем потоки:  $R'' = R + \Delta R$  и  $W_d = V'' = V' - \Pi = R + \Delta R + 1 - \Pi$ .

Подставляя значения в уравнение (35), получаем:

$$Y_{m-1} = \frac{R + \Delta R}{R + \Delta R + 1 - \Pi} X_m - \frac{W_d + \Pi - 1}{R + \Delta R + 1 - \Pi} X_w =$$

$$= \frac{R + \Delta R}{R + \Delta R + 1 - \Pi} X_m + \frac{X_p - \Pi Y_{\Pi}}{R + \Delta R + 1 - \Pi}. \quad (36)$$

Анализ показывает, что линия рабочих концентраций исчерпывающей части колонны проходит через точку ( $Y = 0; X = X_w$ ) и пересекает линию рабочих концентраций укрепляющей части в точке, ордината которой равна составу парового питания  $Y_{II}$ , и что рабочее флегмовое число выражается формулой:

$$R = \beta R_{\min} = \beta \frac{X_p - Y_{II}}{Y_{II} - X_{II}^*} - \Delta R, \quad (37)$$

где  $X_{II}^*$  — концентрация жидкости, находящейся в равновесии с паром состава  $Y_{II}$ .

Если в уравнения (27, 36) подставить  $\Delta R = W_{II} = 0$ , то они полностью совпадают с уравнениями, полученными Н. И. Гельпериним (1954).

### Заключение

Итоги первой части теоретического анализа процесса ректификации двойной смеси в колонне непрерывного действия, имеющей тарелки беспровального типа, заключаются в следующем:

1. Сформулированы основные допущения метода Мак Кэба — Тиле — Мэрфри;
2. Показано, что допущения 4, 8, 9 и 10 можно исключить;
3. Проанализировано несколько вариантов условий работы ректификационной колонны с одинарным жидкофазным или паровым питанием без отбора продуктов из средней части ее и даны расчетные уравнения для определения количества тарелок. В основе всех выведенных уравнений лежит предположение о постоянстве потоков жидкости и паров, то есть допущение 2.

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

При выводе расчетных уравнений предполагалось, что количество верхнего продукта колонны равно 1 кг-моль. Поэтому количества всех материалов, приходящих в колонну или уходящих из нее, имеют размерность кг-моль материала/кг-моль верхнего продукта.

Концентрации выражаются или все через относительные моль-доли, (кг-моль легколетучего компонента смеси/кг моль самой смеси), или все через относительные моль-проценты (мол. %).

$P, X_p (W, X_w)$  — количество и концентрация верхнего (нижнего) продукта колонны;

$R_{ж}, X_{рж} (P_{II}, X_{рII})$  — количество и концентрация промежуточного продукта отбираемого из жидкой (паровой) фазы любой тарелки, кроме самой верхней;

$II, Y_{II}, t_{II} = t_{нас}$   
 $(F, X_f, t_f, C_f)$  — количество, концентрация, температура и средняя молярная теплоемкость исходной смеси, поступающей в колонну в виде пара (капельной жидкости);

$R (R_{\min}), X_{фл}, t_{фл}, C_{фл}$  — рабочее (минимальное) флегмовое число, концентрация, температура и средняя молярная теплоемкость вводимой в колонну флегмы;

$\Delta R, r(\Delta F, r)$  — количество и молярная теплота конденсации паров, тепло конденсации которых идет на нагревание  $R$  моль флегмы ( $F$  моль исходной смеси) до температуры кипения жидкости на тарелке;

$W_{II}$  — количество острого водяного греющего пара;

$X_1, t_1 = \delta + eX_1$  — концентрация и температура жидкости, стекающей с выше-расположенной тарелки на тарелку жидкофазного питания;

$X, Y^*$  — концентрация жидкости и состав равновесных с ней паров;

$Y, X^*$  — состав паров и концентрация равновесной жидкой фазы;

$X_m, Y_m$  — рабочие концентрации жидкости и паров, уходящих с данной ( $m$ ) тарелки;

$n (n_T)$  — количество действительных (теоретических) тарелок колонны;

$\eta (\eta_m)$  — средний (истинный к. п. д.) тарелки;

$\beta = 1,3 \div 5$  — коэффициент избытка флегмы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Брайнес Я. М. Процессы и аппараты химических производств. Госхимиздат, 1947. Бэджер В. и МакКэб В. Основные процессы и аппараты химических производств. Госхимтехиздат, 1934. Плановский А. Н. и Касаткин А. Г. О способах выражения движущей силы диффузионных процессов «Химическая промышленность» № 9, 1953. Плановский А. Н., Касаткин А. Г. К вопросу о расчете тарельчатых аппаратов. «Химическая промышленность» № 3, 1955; Гельперин Н. И. Дистилляция и ректификация. Госхимиздат, 1947. Гельперин Н. И. Влияние агрегатного состояния исходных смесей на работу ректификационных аппаратов непрерывного действия. «Журнал прикладной химии», вып. 12, 1954. Кузнецов Н. М., Алексеев Е. Н., Забродский А. Г., Цоринов В. Л. Исследование работы брагоперегонных и ректификационных аппаратов. Изд. Наркомвнугорга УССР, 1935. Стабников В. Н., Харин С. Е., Теоретические основы перегонки и ректификации спирта. Пищепромиздат, 1951. Стабников В. Н. Теоретическая тарелка и единицы переноса. «Химическая промышленность» № 7, 1955. Четвериков Е. Ф. Влияние температуры бражки на расход пара и процесс перегонки. Труды Ленинградского технологического института пищевой промышленности, т. III, 1953. Экспресс-информация, серия «Процессы и аппараты химических производств». Изд. Института информации АН СССР, 1957, вып. 9 — Контактное взаимодействие газа в жидкости на тарелках; вып. 12 — КПД колпачковых тарелок ректификационных колонн. Griswold and Stewart. Rectification of Benzene-Toluene, Ind. Eng. Chem., 1947, vol. 39, p. 752. Lewis W. K. Plate Efficiency of Bubble Cap Columns, Ind. Eng. Chem., 1936, vol. 28, p. 399. Murphree E. V. Rectifying Column Calculations. Ind. Eng. Chem., 1925, vol. 17, p. 147; p. 960. West F. B., Gilbert D. G. and Toru Shimizu. Mechanism of Mass Transfer on Bubble Plates. Ind. Eng. Chem., 1952, vol. 44, p. 2470.

Поступила в редакцию  
3 января 1958 г.

## ЗА РУБЕЖОМ

## ДЕРЕВООБРАБОТКА ЗА РУБЕЖОМ

*(По страницам зарубежной периодической печати)***Г. С. КОНЧЕВСКИЙ**

Кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

**Теоретические вопросы и исследовательская работа.** Вопросами теории механической обработки древесины в США интересуются меньше, чем во Франции, Финляндии и Швеции, где работы ведутся главным образом в области теории резания. Инженером Ледино (Франция) написана целая серия статей, посвященных кинематике и динамике строгания древесины; автор исследует факторы, влияющие на величину усилий резания и мощности, потребляемой при строгании древесины, и дает формулы для расчета. Чего-либо нового, не известного нашим ученым, Ледино не сообщает. Интересны его высказывания о проблеме скоростного строгания; по его мнению, скорость строгания 100 м/сек вполне достижима и представляет известные выгоды, но конструирование строгальных станков, работающих на таких скоростях, очень сложно, а эксплуатация их опасна. Инженер Шарден занимается вопросами пиления леса тропических пород; он предлагает специальные модели пил для рамной распиловки, кинематику работы которых он исследовал. Хейкок (США) считает, что большие скорости резания круглой пилой имеют пока лишь академический интерес.

Следует отметить экспериментальные работы в области резания древесины, опубликованные Френзом в «Forest Products Journal» № 5, 1955. Он предложил фотографировать кинокамерой с увеличительными линзами картину резания и одновременно с помощью двухканального анализатора деформаций и осциллографа регистрировать усилия резания, производя предварительную ка-

либровку усилий динамометром. Френз также не придает большого значения фактору скорости резания; повышение числа оборотов шпинделей с режущим инструментом с целью уменьшения, например, длины волны при строгании, приводит, по его мнению, к быстрому затуплению резцов, снижению эффективности работы станка и к увеличению себестоимости продукции. Между прочим, он приводит опыты лаборатории «Дженерал Электрик» с применением сверхзвуковых скоростей резания тонких металлических пластинок микротомом; металл разрушился под действием взрывной волны перед лезвием резака, а резец, по существу, работал без износа.

В Forest Products Laboratory (Madison, USA) исследовалось поведение опилок в паузах пилы и в зазорах между полотно пилы и стенками пропила.

В Швеции интересные исследования были проведены в Исследовательском институте лесных продуктов (Стокгольм), целью которых было найти причины появления волн на полированной поверхности панелей, измерить величину этих волн и дать способы их полного или хотя бы частичного устранения. Одновременно применялись тесты для выявления психофизических факторов, влияющих на зрительное восприятие неровностей на полированной поверхности. Между прочим, тесты позволили обнаружить, что чувствительность человеческого глаза к неровностям на панелях значительно превосходит возможную точность обработки древесины строганием, шлифованием и пр. и в некоторых случаях позволяет видеть неровности раз-

мером в 0,001 мм. Наилучшие результаты с точки зрения ровности поверхности были обнаружены на панелях с сердинками из дробленой древесины.

В Орегонской лаборатории лесных продуктов (США) в 1956 году были проведены опыты по сопротивляемости древесины воздействию химических реагентов. Эти исследования имеют определенный интерес для нас, так как большинство древесных пород, подвергавшихся испытаниям, растут на территории СССР. Знание же показателей химической стойкости древесины имеет большое практическое значение в разных областях технологии древесины, например, в области пропитки ее антисептиками и антипиренами или в области склеивания синтетическими смолами с применением кислотных и щелочных катализаторов. Интересно отметить, что древесина, обработанная 20% раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или  $\text{CaCl}_2$ , во многих случаях обнаруживала более высокие показатели механической прочности, чем необработанная. Значительное снижение механической прочности показали образцы, обработанные растворами кислот, особенно серной, соляной и азотной; механическая прочность образцов снижалась в некоторых случаях до 16% прочности необработанных образцов.

**Инструменты.** В последнее время за рубежом очень много пишут об инструментах (пилы, ножи) с лезвиями, покрытыми карбидом вольфрама, который впервые стали применять в металлообработке. В 1934 году в германской самолетостроительной промышленности (Крупп) им начали пользоваться для изготовления режущих инструментов по дереву (клееная фанера).

Строение карбида вольфрама — кристаллическое, состав его: С — 6%, W — 85%, СО — 9%. Характеристика: весьма высокая твердость (близкая к твердости алмаза), большая хрупкость и малый коэффициент теплового расширения. Последний показатель очень затрудняет приварку пластинок карбида вольфрама к основе реза, особенно при больших ее размерах (более 150 мм), а зубья ленточных пил вообще не поддаются этой операции. Моноблочные резы из карбида вольфрама очень дороги. Делались попытки прикреплять пластинки карбида к основе реза механическим путем, но для круглых пил, по мнению французских специалистов (Пузё), способ этот неприменим из-за трудности монтажа и регулировки.

Применение резов с накладными лезвиями из карбида вольфрама противопоставлено в следующих случаях: при резании металлов толще 40 мм, свежесрубленной косослойной древесины и при наличии крупных сучьев и коры. Для фрез с лезвиями из карбида вольфрама наиболее рациональным является число

резов 1—2 и число оборотов шпинделей от 8 до 10 тысяч в минуту.

С целью повышения срока службы инструментов их лезвия хромируют. Хромированию подвергаются не только инструменты, но и рабочие поверхности столов станков и других металлических деталей, клеенамазывающих вальцов и пр. Хромирование повышает коэффициент трения и удельную теплоемкость металла, делает его более коррозиоустойчивым; срок службы хромированных деталей увеличивается по сравнению с нехромированными в три-четыре раза.

**Точильные автоматы.** Для заточки инструментов за рубежом пользуются автоматами различных конструкций; из них интересно отметить так называемую биосциллирующую модель, у которой точильный круг и затачиваемый инструмент совершают синхронизированные колебательные движения навстречу друг другу; на автомате можно затачивать фрезы с числом лезвий от двух до восьми. Диаметр точильного круга 180—200 мм, угол наклона суппорта изменяется от 35 до 55°. С левой стороны станины имеется специальное приспособление, включающее делитель, регулятор угла наклона режущей грани лезвия и ось для фрезы с углом наклона вправо и влево в 30°. Автоматы эти строит французская фирма «Guilliet».

Зарубежные специалисты считают, что автоматы, затачивающие небольшое количество зубьев в минуту ( $\approx 30$ ), производительнее и обеспечивают более высокое качество работы и меньший износ частей автомата, чем «скоростные» модели (60—75 зубьев в минуту). Наилучшими точильными кругами считаются круги из окиси алюминия с глазурированной связкой. Для заточки лезвий из карбида вольфрама созданы специальные автоматы с прецизионными шпинделями для точильных кругов, спрессованных из алмазной пыли. Выпускаются также автоматы для плющения и формовки зубьев пил (германская фирма «Volmer»).

**Оборудование.** В № 3 канадского журнала «Canadian Woodworker» за 1956 год была помещена статья о тенденциях в производстве деревообрабатывающих станков. Автор признает, что в области новой техники (особенно автоматике) деревообрабатывающие производства отстают от других отраслей индустрии. Несмотря на то, что в последние годы на рынке появилось много моделей разных станков для механической обработки древесины, освоение их мебельными фабриками происходит медленно. В статье приводится ряд примеров из области передовой техники и технологии деревообработки. Для транспортировки и укладки лесоматериалов рекомендуются тележки, оборудованные пакетоукладчиками, а иногда и сортировочными устройствами; применение их на складах и

для обслуживания сушилок мебельных фабрик может дать экономию в размере по крайней мере 50%. Установка автоматических торцовочных станков в раскройном цехе сокращает потребность в рабочей силе и одновременно увеличивает выработку на 100%. Для транспортных операций в раскройных цехах рекомендуется пользоваться конвейерами и лифтами с дистанционным управлением.

Сушка пиломатериалов при высоких температурах обеспечивает большую производительность сушильных камер и высокое качество высушенного материала. В Канаде и США большой популярностью пользуются кленальные прессы с горячими плитами для фанеровки массива; такой пресс с двумя рабочими пролетами, но обслуживаемый автоматическими погрузочно-разгрузочными столами, может заменить десятипролетный пресс, загрузка и разгрузка которого производится вручную. На крупных мебельных фабриках оправдывает себя установка двухсторонних автоматических станков для нарезки шипов «в ласточкин хвост», на этих станках можно сверлить отверстия в передних стенках ящиков и выжигать клеймо фабрики. Применение комбинированных станков — с пилой и сверлом — позволило снизить стоимость обработки деталей кресел на 50%. Большой производительностью обладают новые модели сверлильных станков, позволяющие сверлить отверстия с четырех сторон; такие станки снабжаются автоматической торцовочной пилой, смонтированной на одной станине.

Приведем несколько примеров из области станкостроения для иллюстрации современных тенденций в деревообработке.

1. Английская фирма *Sagar* строит цилиндрические шлифовальные станки со следующей характеристикой: а) встроенные моторы с шлифовальными цилиндрами на их валу заменены индивидуальными, с ременным приводом, что устраняет вибрацию цилиндра; б) конструкция цилиндра — секционная, каждая секция динамически сбалансирована; секции собираются с помощью специального приспособления, гарантирующего полную балансировку всего цилиндра; в) навивка шлифовальной ленты — по спирали; г) саморегулируемый осциллятор с постоянным отношением между числом оборотов цилиндра и числом его осевых колебаний, но неодинаковым у разных цилиндров; д) шлифуемый материал подается под расположенные сверху цилиндры конвейерной лентой с холщевой подкладкой, общая толщина ленты 9,5 мм; е) шарнирный механизм (параллелограмм) для подъема и опускания стола; ж) вариатор с бесступенчатым изменением скорости подачи от 4,3 до 9,1 м/мин; з) управление — центральное,

кнопочное, с амперметрами у каждого цилиндра.

2. На выставке в *Earls Court* (Англия) был показан лаконоситель фирмы «Шуберт». Он построен по аналогии с вальцовым клеенаносителем. Лаконоситель оборудован распределительным валиком, а некоторые модели, кроме того, — распределительной линейкой между валиком и покрытым резиной наносящим лак вальцем). На этом станке можно покрывать ровным слоем лака поверхность шириной до 2 м со скоростью подачи 46 м/мин.

3. Этой же фирмой был продемонстрирован клеенамазывающий станок со встроенным в станину девятилитровым клеесмесителем с индивидуальным приводом, а также ребросклеивающий станок с семью дисками для регулирования ширины покрываемой клеем поверхности в пределах от 10 до 100 мм.

4. Пресс для оклейки кромок рамок, щитов и криволинейных деталей фанерой или массивом. Оклейка является одной из самых трудоемких работ во всех отраслях деревообработки и обычно выполняется вручную с применением большого числа разных приспособлений и зажимных устройств. Весь процесс ручной оклейки вследствие длительного схватывания клея занимает много времени; в прессе же склеивание происходит в электрическом поле токов высокой частоты в течение 0,5—2 минут. Рамка в нижней части пресса изготавливается из тяжелой листовой стали и огибает рабочую площадь пресса со всех четырех сторон; рама эта снабжена специальными деталями для крепления к ним сменных деревянных вставок-шаблонов. Сменные металлические прокладки пресса являются одним электродом, а крышка — другим. Материал закладывается между электродами. Давление на склеиваемые поверхности осуществляется сжатым воздухом (4—5 атм). Замыкание крышки — от отдельного мотора. Передача боковых и вертикальных давлений на материал может производиться либо одновременно, либо раздельно, с помощью специальных рычагов. Вставки-шаблоны изготавливаются из клееной фанеры. Мощность генератора ТВЧ — от 1,5 до 5 квт. Такие прессы выпускаются германской фирмой «Сименс-Шукерт».

5. Прокатный станок для прессования круглых деталей из брусков. Станок работает по тому же принципу, что и станок, на котором производится прокатка металла. Нужная форма придается древесине роликами специального профиля. На этих станках прокатываются заготовки для шкантов; впитав из клея влагу, шкант разбухает и плотно заполняет отверстие. В час можно изготовить до 55 тысяч шкантов. Мощность привода — 2 л. с.

6. Приспособления для механической подачи шаблонов на фрезерном станке при работе «по кольцу» и для ленточной столярной пилы при опилке криволинейных контуров (американские патенты).

7. Механический питатель-автомат с дозировочным устройством и электромагнитным регулятором с блокировочным реле к станкам с конвейерным посылочным механизмом (например, концевителли, двухсторонние шипорезы и пр.).

8. Вакуумные зажимные приспособления «Вакуфикс». Модель АТ имеет вращающуюся в горизонтальной плоскости плиту и применяется для зажима широких поверхностей. Имеются также модели, позволяющие зажимать обрабатываемый материал в любом положении. Вакуум создается специальным вакуумнасосом, степень разрежения регулируется вентилем. Можно приключить к центральной вакуумной установке до двенадцати зажимных плит. Вакуумные зажимы обладают рядом преимуществ перед эксцентрикковыми и винтовыми: зажатый материал доступен для обработки со всех сторон за исключением нижней, давление зажима равномерно распределяется по поверхности детали, зажим и освобождение детали совершается быстро нажимом на педаль.

**Оградительная техника.** В зарубежной печати приводится много приспособлений для ограждения круглых пил и фрезерных станков. Первое место среди них надо отвести конструкции, разработанной швейцарским Институтом страхования от несчастных случаев. Следует также отметить широкое применение небьющегося стекла для изготовления ограждений — колпаков и других ограждений деталей. Конструкции ограждений — оригинальны, надежны и не мешают работать станочнику.

**Автоматические поточные линии и автоматы.** За границей, особенно в Америке, уделяется много внимания проектированию и постройке автоматических погрузочно-разгрузочных агрегатов для обслуживания клеильных прессов и целых потоков на предприятиях, изготовляющих картон или древесно-волоконистые плиты (искусственные панели). В качестве примера приведем описание автоматического погрузочно-разгрузочного агрегата, работающего на одном из канадских фанерных заводов. Листы клееной фанеры, подлежащие шлифовке, с помощью вильчатого лифта укладываются на приводные ролики, находящиеся перед загрузчиком, обслуживающим шлифовальный станок. По мере того, как листы посылаются в шлифовальный восьмицилиндровый станок, стопа фанеры подымается вверх электрическим лифтом, верхний этаж которого всегда находится на уровне посылочных вали-

ков станка. Несущая поверхность лифта состоит из комплекта приводных роликов, вмонтированных в жесткую раму, передвигаемую с помощью четырех цепей, помещенных в ее углы. Продвигаясь над порталными стойками, образующими наружную часть рамы загрузочного устройства, цепи эти автоматически приводят в движение выключателями, срабатывая каждый раз, когда лист клееной фанеры вводится в станок.

Разгрузочное устройство подобно загрузочному, с той лишь разницей, что стопа лифта при приеме очередного листа опускается. Как только стопа клееной фанеры достигнет предельной высоты, приводные ролики автоматически приходят в движение, и стопа передвигается к вильчатому лифту. Работа шлифовальных станков, таким образом, полностью автоматизирована. Для обслуживания их требуется только один человек для наблюдения за правильным функционированием автоматики.

Подобные же устройства применяются для обслуживания обрезных станков, поставленных под углом 90° для обрезки листов клееной фанеры с четырех сторон. Всеми операциями управляет один человек, стоящий у центрального пульта.

Непрерывный процесс изготовления древесно-волоконистых плит, получаемых из смеси мелкоразмолотых стружек и синтетической смолы (карбамидной или фенольной) описан в № 10 журнала Pulp and Paper Magazine of Canada за 1953 год. Процесс этот известен под названием «процесса Бартрев». Смесь подается в бункер, откуда она падает в питатель, распределяющий ее равномерным слоем заданной толщины по стальной ленте; лента находится сверху пластинчатого транспортера, движущегося вместе с нею. Скорость движения транспортера можно изменять в зависимости от требуемых толщины и плотности плит. В первой стадии движения материал нагревается в поле ТВЧ, образуемом электродами, между которыми движется стальная лента. Во второй стадии материал нагревается тоже в поле ТВЧ до температуры, необходимой для окончательного отвердения смолы, связывающей частицы древесины. В этой стадии прогретый материал попадает под верхнюю стальную ленту, с помощью которой он обжимается и выходит на приемный стол в виде непрерывной ленты, которая затем разрезается автоматически на листы требуемого формата.

В автоматике широко применяется сжатый воздух. Для дистанционного управления автоматами пользуются клапанами-пилотами или соленоидами. Соленоидное управление рекомендуется для непрерывного и периодического движения и считается идеальным для установок с пневмоцилиндрами двойного дей-

ствия. Клапаны-пилоты снабжены двух- или трехходовыми кранами для зарядки пилот-цилиндра и применяются как с регуляторами времени (таймерами), так и без них. В первом случае с помощью несложного винтового механизма можно отрегулировать время подачи воздуха клапаном-пилотом от долей секунды до нескольких минут.

Двухходовые клапаны, с таймером или без него, могут подавать воздух только в одном направлении. Действие соленоидных систем дистанционного управления основано на прямолинейно-возвратном перемещении сердечника соленоида, который при включении электрического тока открывает доступ сжатого воздуха под поршни магистрального клапана. Клапаны можно приводить в движение с помощью кулачковых или других механизмов, используемых для автоматических операций. С успехом применяются последовательно действующие клапаны; у этих установок станочнику достаточно включить один клапан, остальные же сработают автоматически, и станок выполнит ряд последовательных операций. В результате применения пневмоавтоматики стали возможными сложные и многочисленные операции, синхронизированные с подачей, зажимом и удалением обрабатываемого материала, очень точно регулируемые во времени с помощью кулачкового механизма и бесступенчатого варианта скорости. Сжатым воздухом пользуются для зажима клещами бревен в тележках лесопильных рам, для обслуживания механизмов бревенных тележек ленточных и круглопильных станков, в сбрасывающих устройствах, в пусковых и подъемных приспособлениях конвейеров, в механизмах подачи разных деревообрабатывающих станков, для регулирования работы клеевых прессов и т. д.

Одна из английских фирм, выпускаю-

щих рамные пилы (Spear a. Jackson Ltd.), построила автоматическую поточную линию для их изготовления. Бесконечная стальная лента проходит последовательно через четыре станка-автомата, на которых штампуются, разводятся (или плющатся) и затачиваются зубья пилы, после чего лента разрезается на отрезки требуемой длины.

В американском журнале «Wood a. Wood Product» № 1 за 1955 год описан реконструированный отделочный цех мебельной фабрики. Процессы отделки конвейеризованы, погрузочно-разгрузочные операции выполняются автоматически с помощью дистанционного управления и световой сигнализации. Реконструкция позволила сократить обслуживающий персонал цеха на пять человек.

**Сушка древесины.** В этой области сделано немного. Применяется газ (пропан) и сушка высокими температурами. Интересны многоярусные сушилки для шпона, позволяющие сушить в разных этажах шпон разной толщины.

На этом мы заканчиваем обзор. В заключение отметим все растущее за рубежом применение ТВЧ для склеивания и сушки древесины и поиски новых клеевых синтетических материалов (эпоксидные смолы, аралдит) и конструкции новых материалов, комбинированные из древесины и недревесных компонентов. Так, изготавливаются панели с бумажной пористой серединкой или с серединками из стеклянного волокна, нержавеющей стали или алюминия. Рубашки этих панелей изготавливаются из ламинированной бумаги, магнезия и даже из оконного стекла. Одна из разновидностей таких панелей под названием «дураплай» состоит из серединки (низкосортный шпон) с рубашками из смоляно-целлюлозной композиции. Дураплай находят применение в строительстве домов.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

К ВЫХОДУ В СВЕТ КНИГИ акад. И. С. МЕЛЕХОВА  
«ОЧЕРК РАЗВИТИЯ НАУКИ О ЛЕСЕ В РОССИИ» \*

Изданный Академией наук СССР «Очерк развития науки о лесе в России» акад. И. С. Мелехова заполняет пробел в лесоводственной литературе по вопросу исторического развития русской лесоводственной науки.

Автор глубоко и строго объективно освещает историю отечественного лесоводства. Многие стороны развития истории лесной науки, как, например, роль Ломоносова, Крашенинникова и некоторых деятелей более поздних периодов, автором раскрыты впервые.

В кратких и ясных чертах И. С. Мелехов показал самобытность русского лесоводства и главные этапы развития русской науки о лесе; яркими чертами охарактеризовал научную деятельность большой плеяды русских лесоводов с давнего времени до наших дней.

С большой любовью и тщательностью И. С. Мелехов собрал и изложил обширный, разносторонний и чрезвычайно интересный материал по зарождению и развитию русской лесоводственной науки. Автор интересно показал и предпосылки ее появления: какую огромную роль играли леса для русского народа в глубокой древности — в IV и V веках; как с середины XVI века начали строиться корабельные верфи и водяные пильные мельницы, являвшиеся первыми потребителями леса; как зарождалось первое практическое лесное хозяйство при Петре I; чем вызвано было распоряжение Петра I о сохранении лесов (1703 г.); как расширившаяся потребность в лесоматериалах для кораблестроения определила необходимость описания лесов. Основное место уделяется описанию научной деятельности корифеев русского лесоводства, значению выхода в свет первых трудов по лесовод-

ству, значению и роли первых учебных и опытных лесничеств и научных лесных учреждений.

Начиная с И. Т. Посошкова, В. Н. Татищева, А. Т. Болотова, М. В. Ломоносова, перед читателем проходит длинный ряд русских ученых XVIII, XIX и XX веков.

Автор отмечает важные этапы развития русского лесоводства: открытие Петербургского Лесного института, Ново-Александровского института сельского хозяйства и лесоводства, лесного отделения в Московской сельскохозяйственной академии, выход в свет первых учебников и наставлений по лесоводству — Е. Ф. Зябловского, П. Дивова, П. Перельгина; выход «Лесного журнала», первой лесоустроительной инструкции.

Началу степного лесоразведения И. С. Мелехов заслуженно отвел самостоятельный раздел. Шатиловский лес, посаженный Ф. Х. Маером в 20-х годах XIX столетия, имеющий запас в 750 куб м на 1 га при средней высоте в 35 м и среднем диаметре в 36 см действительно является прекрасным памятником русского степного лесоразведения.

Нет надобности упоминать о всех этапах развития науки о лесе и всех деятелях, подробно перечисленных автором. Читатель книги И. С. Мелехова невольно убеждается также и в том, что эти многочисленные труженики науки — лесоводы, ботаники, почвоведы, гидрологи, энтомологи и др. — являются лишь частью огромной армии исследователей, вложивших большой и самоотверженный труд в познание русских лесов, нашего всенародного богатства.

Автор не только перечисляет основные труды ученых, но и знакомит читателя с их взглядами и высказываниями. Здесь мы встречаем высказывания Д. И. Менделеева и В. В. Докучаева, и поныне имеющие актуальное значение

\* И. С. Мелехов. Очерк развития науки о лесе в России. Изд. Академии наук СССР, М., 1957.

для лесного хозяйства, труды Н. В. Шелгунова, А. Е. Теплоухова, И. В. Мичуринна, имена известных лесоводов А. Ф. Рудзкого, М. К. Турского, Д. М. Кравчинского, В. Я. Добровлянского, Г. Н. Высоцкого, Н. П. Кобранова и многих других.

Но особое место среди них уделено выдающимся ученым XX столетия, широко известным не только в Советском Союзе, но и за рубежом — Г. Ф. Морозову, акад. В. Н. Сукачеву и М. Е. Ткаченко.

Большой интерес представляет заключительная глава о развитии отечественного лесоводства в послеоктябрьский период. В ней автор показывает развитие лесоводства с момента основания Советского государства до наших дней, подводит итоги и ставит основные задачи.

Важнейшими показателями роста лесоводственной науки за советский период является дальнейшая разработка учения о типах леса; разработка учения об элементе леса; изучение опыта концентрированных рубок; разработка способов механизации лесокультурных и лесохозяйственных работ; применение авиации для учета и охраны лесов, для посева леса и борьбы с вредителями леса; быстрый рост учебных и науч-

ных лесных учреждений; акклиматизация ценных древесных пород, издание множества периодики, брошюр по лесным, лесохозяйственным и лесотехническим вопросам.

Большим достоинством книги является популярность изложения, делающая ее доступной для широкого круга читателей. Однако она в одинаковой степени будет полезна и лесным специалистам и научным работникам.

«Очерк развития науки о лесе в России» имеет большое научное значение, так как он обогащает лесную литературу историческими сведениями и будет во многом способствовать развитию лесохозяйственных знаний. Поэтому мы присоединяемся к мнению Г. В. Крылова \* о необходимости выпуска «Очерка развития науки о лесе в России» И. С. Мелехова вторым изданием и большим тиражом, чтобы сделать его более доступным для широкого круга лесных работников.

\* Г. В. Крылов. «Ценный труд по истории лесоводственной науки в России». Журнал «Лесное хозяйство» № 10, 1957.

М. В. Чижиков,  
Г. А. Моклев.

## НУЖНАЯ КНИГА

Выпуск книги «Леса и лесное хозяйство Архангельской области» А. А. Молчанова и И. Ф. Преображенского \* представляет значительное событие в лесной литературе. В этой книге обобщены многолетние стационарные наблюдения и экспериментальные работы, проведенные А. А. Молчановым (частью совместно с С. В. Алексеевым), опыт специалистов-производственников и официальные материалы по лесному хозяйству Архангельской области. Авторами использована также обширная литература по Европейскому Северу, позволившая очень широко осветить ряд существенных вопросов северного лесного хозяйства.

Уже краткий перечень разделов рецензируемой книги позволяет судить о широте ее содержания. Здесь освещены:

фенологические сезоны года, экологическая характеристика древесных растений, животный мир и его влияние на лес, леса области, их эксплуатация, типы лесорастительных условий и типы леса, строение и сортиментный состав древостоев Севера, регулирование гидрологического режима территории путем изменения возраста и состава древостоев, лесные пожары, усыхание лесов в связи со степенью повреждения их пожаром, естественное возобновление на гарях, плодородие хвойных пород, лесохозяйственная характеристика вырубок и естественное возобновление на них, распределение обсеменителей на вырубке, всхожесть семян на лесосеке при различном состоянии покрова, степень обнажения почвы в зависимости от расстояния лебедочной трелевки, микроклиматическая обстановка сплошных лесосек, водный режим почв на лесосеках разной ширины, устойчивость подроста на вырубках с лебедочной трелевкой, лесоводственная обстановка лесосек при тракторной трелевке, искусственное лесоразведение на вырубках, аэросев семян хвойных по-

\* А. А. Молчанов, И. Ф. Преображенский. «Леса и лесное хозяйство Архангельской области». Изд. АН СССР, М., 1957.

род, содействие естественному лесовозобновлению, рубки ухода за лесом и ряд других вопросов.

Если бросить взгляд на отдельные главы книги, то одной из интереснейших является глава «Фенологические сезоны года». Здесь, по данным 15-летних наблюдений, освещены вопросы о времени опадения семян, таяния снега, лёта вредителей из класса насекомых, цветения и созревания семян и других явлений, важных для организации лесного и охотничьего хозяйства.

Подробно освещена в рецензируемой книге проблема лесных пожаров, причем изучена история пожаров за период почти 300 лет. Здесь приведены материалы о пожарной опасности, о различных факторах, влияющих на повреждение древостоев огнем, об усыхании лесов после пожаров, о возможности использования послепожарного отпада и т. д.

Много внимания в книге уделено вопросу о возобновлении на вырубках, как одному из важнейших вопросов лесного хозяйства Севера.

Кратко, но исчерпывающе, обобщен опыт производства лесных культур в области, в том числе опыт аэросева.

Другие разделы книги представляют не меньший интерес. Я не останавливаюсь на недостатках, которых не может не быть в труде, впервые в литературе всесторонне охватившем все вопросы лесного хозяйства Архангельской области.

А. А. Молчанов и И. Ф. Преображенский сделали большое и нужное дело, подготовив и опубликовав свою работу.

Книгу эту с интересом и пользой для себя прочтут все работники лесного хозяйства, в особенности те из них, которые трудятся в Архангельской области.

*П. И. Войчалъ.*

## СЕРГЕЙ ВЕНЕДИКТОВИЧ АЛЕКСЕЕВ

22 декабря 1957 года на 79-м году жизни скончался один из крупнейших ученых-лесоводов Севера доктор сельскохозяйственных наук Сергей Венедиктович Алексеев.

В лице С. В. Алексеева лесная наука и лесохозяйственное производство потеряли большого знатока северных лесов, основателя и пионера лесного опытного дела на Севере, отдавшего северному хозяйству почти полвека напряженного и плодотворного творческого труда.

Окончив Петербургский лесной институт в 1907 году, С. В. Алексеев сначала работал помощником лесничего в Брянском лесничестве. Уже тогда это лесничество, организованное в 1906 году по инициативе проф. Г. Ф. Морозова, начало свою высокополезную деятельность по развитию лесного опытного дела в средней полосе России. Работа в Брянском лесничестве, безусловно, сыграла решающую роль в формировании молодого исследователя, привила ему страстное желание раскрыть тайны русского леса, умножить лесные богатства, оставить их на службу человеку.

Нет ничего удивительного, что когда С. В. Алексеев получил предложение организовать и возглавить новое опытное лесничество на далеком Севере, в глухой таежной Архангельской губернии, он без колебания дал свое согласие. Так в 1910 году вблизи станции Обозерская (в то время полустанка узкоколейной железной дороги Ярославль —

Архангельск) было положено начало большой научной и педагогической работе С. В. Алексеева.

Вдумчивый и наблюдательный исследователь ясно видел те болезни, которые были характерны для лесного хозяйства до-революционной России, в особенности на далеком, всеми забытом Севере: бесхозяйственное уничтожение лесов неурегулированными рубками, низкий уровень лесоучетных работ, захламливание лесосек порубочными остатками, смена пород, на долгие сроки отодвигавшая восстановление ценных хвойных древостоев и т. д. Все эти вопросы были не изучены, все они требовали ответа.

С. В. Алексеев вел свою самоотверженную работу сначала один, а затем вместе с добровольными помощниками, которых он умел подбирать и приобщать к научной работе. Многие из этих помощников получили свои первые лесоводственные познания в лесной школе и лесном техникуме, в организации которых участвовал С. В. Алексеев и в которых, с небольшими перерывами, в течение 45 лет преподавал лесоводство. Из этих помощников Сергея Венедиктовича вышли известные ныне ученые и крупные деятели практического лесного хозяйства.

Пока рано подводить итоги полувековой научной деятельности С. В. Алексеева, еще не рассмотрены те его работы, которые не были опубликованы или даже остались незаконченными. Но и те труды его, которые стали достоянием



массы лесоводов нашей страны, знаменуют большой вклад в лесную науку, сделанный обозерским ученым.

Не только областное издательство, но и издательство Академии наук СССР приняло участие в опубликовании научных трудов С. В. Алексеева. Достаточно назвать некоторые из них. Первой крупной научной работой Сергея Венедиктовича явилась «Точность учета площадей и числа стволов в лесах Севера при разных методах таксации»; она и сейчас не потеряла значения. Вопросам лесокультурного дела, приобретающим все большую актуальность для Европейского Севера СССР, посвящены были работы «К вопросу о плодоношении и искусственном возобновлении лесов Севера», «Плодоношение хвойных пород на Севере» и другие. Очень важный вопрос излагается в книге «Очистка лесосек от порубочных остатков в условиях Северного края». Наконец, много сил и времени С. В. Алексеев положил на изучение рубок леса, издав книги «Подневольно-выборочные рубки Севера», «Сплошные рубки на Севере» и, в соавторстве с проф., доктором биол. наук А. А. Молчановым, «Выборочные рубки в лесах Севера». Все эти рабо-

ты, так же как и другие, не упомянутые нами, являются плодом многолетних опытов и наблюдений, результатом всестороннего объективного анализа и общения. За совокупность ценных научных трудов Сергею Венедиктовичу была присвоена без защиты диссертации ученая степень доктора сельскохозяйственных наук.

С. В. Алексеев был тесно связан с производством. Он являлся участником многих крупных совещаний, на которых решались важнейшие дела лесного хозяйства и лесной промышленности Севера, написал ряд практических руководств для леспромхозов Архангельской области и давал многочисленные консультации работникам производства по различным вопросам лесного дела.

С. В. Алексеева знали и любили не только его ученики и соратники, но и все, кому выпала судьба близко соприкасаться с этим отзывчивым человеком, строгим в деловых вопросах, но мягким и задушевным в личных взаимоотношениях.

Память о северном ученом — Сергее Венедиктовиче Алексееве будет жить в сердцах всех знавших его.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Б. Д. Жилкин. Об одном из способов интенсификации лесохозяйственного производства в малолесных районах . . . . .	3
С. Х. Будыка. Проблема гидротехнической мелиорации лесных земель Полесской низменности . . . . .	12
П. Н. Ушатин. 14-летний опыт применения комплексных рубок в сосновом хозяйстве лесостепи . . . . .	19
А. В. Вагин. Промышленная таксация лесосечного фонда с помощью коэффициентов максимального выхода сортиментов . . . . .	27
И. В. Воронин, В. М. Попов. Хозяйственное значение лесных полос в работе Юго-восточной железной дороги . . . . .	34
В. И. Переход. О лесозащитной науке . . . . .	41
А. В. Патранин. Некоторые особенности в строении корневых систем сосны в боровых типах условий местопроизрастания Вологодской области . . . . .	46
Г. П. Санников. Современное значение географических культур проф. В. Д. Огиевского . . . . .	59
В. И. Пчелин. Физико-механические свойства древесины различных форм ели ( <i>Picea excelsa</i> Link.) . . . . .	66
Г. П. Ильин, В. И. Виноградов. О специальных культиваторах для ухода за посадками на лесокультурных площадях и в питомниках механизированных лесхозов . . . . .	70

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. К. Лебедев, Е. С. Романов. Опыт изучения экономической эффективности лесозаготовительного оборудования . . . . .	76
Н. В. Лившиц. Исследование профиля зубьев круглых пил большого диаметра для поперечной распиловки леса . . . . .	89
Н. И. Скрипов, Л. Е. Савин. О характере работы дорожных железобетонных плит . . . . .	101
С. И. Морозов. Продольная упругость пути узкоколейных железных дорог шириной 750 мм . . . . .	113

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Н. А. Батин. О расчете посылок . . . . .	121
--	-----

Н. И. Давыдова. Расчет наивыгоднейших режимов продольного распиливания сосны на круглопильных станках . . . . .	127
П. И. Лапин. Дифференцированный метод подсчета объема ремонтных работ . . . . .	137

*ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ*

Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Вопросы изучения щелочного лигнина и использование его как химического сырья . . . . .	143
В. И. Гагарин. О расчете количества тарелок ректификационных колонн непрерывного действия (Сообщение 1) . . . . .	154

*ЗА РУБЕЖОМ*

Г. С. Кончевский. Деревообработка за рубежом . . . . .	165
--	-----

*КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ*

М. В. Чижиков, Г. А. Мокеев. К выходу в свет книги акад. И. С. Мелехова «Очерк развития науки о лесе в России» . . . . .	170
П. И. Войчалъ. Нужная книга . . . . .	171

<i>Некролог</i> . . . . .	173
---------------------------	-----

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2**

Сдан в набор 24/1-58 г. Подписан к печати 29/III-58 г. Форм. бум. 70x108<sub>1/8</sub>. Печ. л 15,07.  
Учетно-издат. л. 13,549. Тираж 5000. Сл 01700. Цена 10 руб. Зак. № 20.

Типография им. Склепина, Архангельск, Набережная им. Сталина, 86.

**Продолжается подписка  
на журнал**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР»**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 60 рублей. Цена отдельного номера — 10 рублей.

Подписка и розничное распространение журнала производится органами «Союзпечати».

Оформившим подписку с третьего номера, по их заявке в редакцию, № 1 и 2 могут быть высланы наложенным платежом.

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ**  
обозначенного здесь срока


## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства.

Статьи, представляемые в журнал, как правило, не должны превышать 12 страниц машинописного текста. Некоторые, наиболее ценные статьи, могут быть опубликованы по решению редакционной коллегии и при большем объеме — до 24 страниц. Статьи библиографического характера не должны быть более 6 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *n*, *u* и *a*, *o* и *a* и *J*,  $\zeta$  и  $\xi$ .

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть подчеркнуты красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз

нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректурa статей авторам, как правило, не предоставляется.

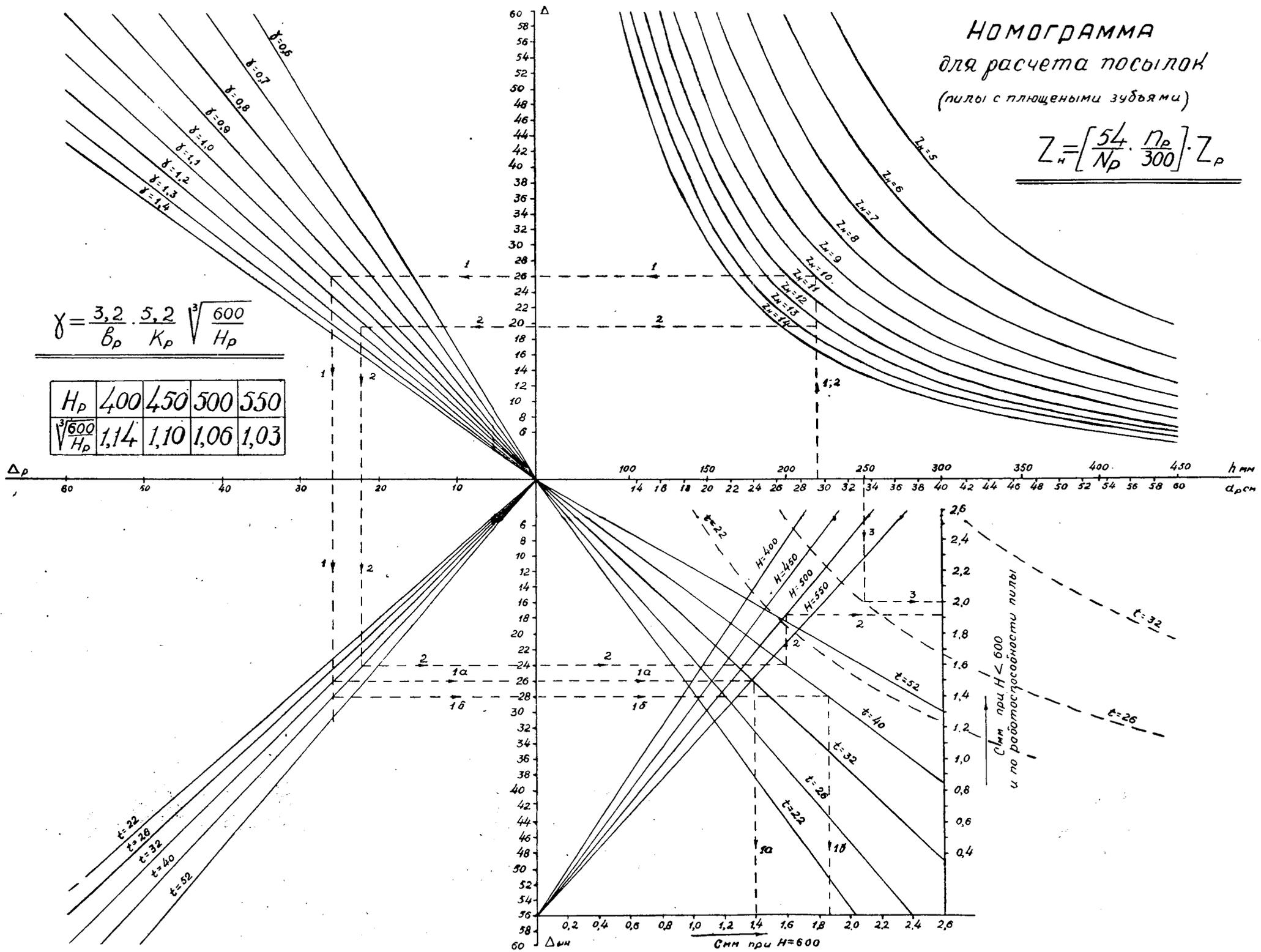
Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

# НОМОГРАММА для расчета посылок (пилы с плющеными зубьями)

$$Z_n = \left[ \frac{54}{N_p} \cdot \frac{N_p}{300} \right] \cdot Z_p$$

$$\gamma = \frac{3,2}{B_p} \cdot \frac{5,2}{K_p} \sqrt[3]{\frac{600}{H_p}}$$

$H_p$	400	450	500	550
$\sqrt[3]{\frac{600}{H_p}}$	1,14	1,10	1,06	1,03



05  
11332

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

# ИЗВЕСТИЯ

## ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

*Лесной журнал*

