

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЬМОЙ

2

1965

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ.

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), проф. С. X. Будыка, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. Г. Я. Трайтельман, 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 лесных вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

Выходит 6 раз в год.

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.165.61 (674.031.21 и 634.031.632.134.3 +  
+ 634.031.632.134.4 + 634.0.812

**ДРЕВЕСИНА РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ  
И ПУШИСТОЙ**

**Н. Б. ГРОЗДОВА**

Научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

(Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства)

Среди многочисленных видов березы наибольшее распространение и народнохозяйственное значение имеют бородавчатая и пушистая. Обоим видам присуща значительная внутривидовая изменчивость, что позволяет выделить ряд морфолого-биологических форм. Особенно большое формовое разнообразие отмечено в Брянском лесном массиве и подмосковных лесах у березы бородавчатой [1].

Основным морфологическим признаком для выделения форм березы является характер коры. На основании комплексного изучения выделено шесть форм березы бородавчатой (груботрещиноватая, ромбовиднотрещиноватая, продольнотрещиноватая, неяснотрещиноватая, слоистокорая и шероховатокорая) и две формы березы пушистой (белокорая и бронзовокорая). Различные формы березы показаны на рис. 1. Между внешними морфологическими признаками деревьев различных форм, характером их роста и качеством древесины существуют определенные взаимосвязи. Разница в качестве древесины у форм с резко различным типом коры — у груботрещиноватых и шероховатокорых форм березы бородавчатой — легко обнаруживается даже в лесных условиях, при разделке модельных деревьев. Тип коры — наиболее надежный признак, связанный с качеством древесины. Древесина деревьев с разным строением коры различается по окраске, текстуре, раскальваемости, твердости.

На протяжении высоты ствола березы любой формы качество древесины неоднородно. Особенности древесины разных форм бородавчатой березы характерны, главным образом, для зоны распространения трещиноватой коры и становятся менее отчетливыми по мере исчезновения трещиноватости в верхней части.

Груботрещиноватая форма имеет характерные наросты грубой черной корки в комлевой части ствола. Древесине ее свойственны большая вязкость, твердость, трудная раскальваемость, большое сопротивление на ударный изгиб и красивая текстура сложного рисунка. Стволы груботрещиноватых берез относятся к I—II разрядам высот. Их древесину можно рекомендовать в качестве сырья для получения строганой облицовочной фанеры для мебельной промышленности и для изготовления разнообразных ценных поделок и частей сельскохозяйственных и текстильных машин.

Ромбовиднотрещиноватую форму отличают по белоснежной бересте с мелкими чечевичками, растрескивающейся в комлевой части и



Рис. 1. Различные формы березы.

1 — ромбовиднотрещиноватая; 2 — неяснотрещиноватая; 3 — продольнотрещиноватая; 4 — груботрещиноватая; 5 — слоистокорая; 6 — шероховатокорая; 7 — белокорая; 8 — бронзовокорая.

выше (до 8—15 м) в виде ромбов, ограниченных по краям грубой коркой. Деревья этой формы относятся к Iа—I разрядам высот, полнодревесны; хорошо очищаются от сучьев. Древесина твердая, вязкая, трудно колется, имеет красивую текстуру, но менее сложного рисунка, чем у предыдущей формы, и отличается большим сопротивлением на сжатие вдоль волокон. Такая древесина может служить хорошим сырьем для производства лыж и облицовочной строганой фанеры, а также для изготовления свай, строительных ферм и других построек, где требуется древесина с большим сопротивлением на сжатие вдоль волокон.

У продольнотрещиноватой формы кора деревьев до высоты 1—4 м от земли разрывается длинными широкими продольными с желтоватым дном трещинами, образуя плоские доли с остатками грязно-серой бересты с крупными чечевичками. Деревья отличаются хорошим ростом, относятся к I разряду высот, полнодревесны, хорошо очищаются от сучьев. Древесина крепкая, довольно прямослойная, хорошо колется. Годна для получения лушеного шпона.

У неяснотрещиноватой формы кора до высоты 3—6 м от земли растрескивается неглубокими трещинами на плоские узкие доли небольшой толщины с остатками сероватой бересты. По краям доли обрамлены слоем грубой пробки, которая почти закрывает трещины. Деревья отличаются медленным ростом, обычно относятся ко II разряду высот, слабосбежистые, с небольшой сучковатостью. Древесина твердая, значительно сопротивляется сжатию и скалыванию вдоль волокон, ударному изгибу. Ее можно использовать как сырье для изготовления деревянных деталей в машиностроении и в других производствах, где требуется особенно прочная древесина.

У слоистокорой формы серовато-белая береста до высоты 3—8 м разорвана неглубокими продольными трещинами, которые обнажают белесоватые и светло-коричневые слои бересты. В комлевой части трещины более глубокие, по краям долей обрамлены слоями грубой корки.



Деревья относятся к I—II разрядам высот, хорошо очищаются от боковых сучьев. Древесина у них мягкая, почти прямослойная, легко колется. Ее можно рекомендовать для производства лущеного шпона.

Шероховатокорая форма имеет бересту сероватого цвета, которая растрескивается до высоты 3—6 м от земли неглубокими продольными и поперечными трещинами на мелкие плоские дольки. Деревья относятся к I—II разрядам высот, полнодревесны, хорошо очищаются от сучьев. Древесина мягкая, прямослойная, хорошо колется. Из нее можно получать прекрасное сырье для лущеного шпона.

У белокорой формы пушистой березы береста белая с розовато-серым оттенком. Деревья относятся к I—II разрядам высот. Древесина мягкая, прямослойная, хорошо колется и пригодна для получения лущеного шпона.

Бронзовокорая форма имеет гладкие стволы, покрытые бронзово-бурыми слоями бересты, верхние из которых отслаиваются тонкими ленточками, закручиваясь в мелкие трубочки. Деревья тугого роста, обычно ниже II разряда высот, полнодревесны, с небольшим количеством сучьев. Древесина бежевой окраски, мягкая, с равномерно расположенными слоями, хорошо колется, может быть использована как ценное сырье для получения лущеного шпона.

Кроме того, в березниках Белоруссии [2], Московской, Смоленской и Брянской областей встречаются березы с промежуточными морфологическими признаками и полнодревесными стволами, покрытыми ярко-белой берестой с характерными темными пятнами. Это березы гибридного характера, обладающие часто буйным ростом по диаметру и высоте. Таких берез, по нашим данным, обычно бывает от 5 до 20% и более.

Наличие в пределах видов березы бородавчатой и пушистой ряда форм, различающихся по интенсивности роста и по качеству древесины, коррелятивно связанных с типом коры, делает необходимым проведение при лесохозяйственных мероприятиях прямого отбора ценных в практическом отношении форм.

Внедрение в лесные культуры наиболее перспективных форм березы бородавчатой и пушистой повысит на 5—17% продуктивность и ценность березовых насаждений, что необходимо для увеличения запасов древесины в районах центральной полосы европейской части СССР и увеличения производства в лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Б. Гроздова. Пособие для таксаторов, лесоводов и студентов при определении различных форм березы в смешанных лесах лесной зоны европейской части СССР. Брянск, 1957. [2]. И. Д. Юркевич, В. Д. Гельтман. О березовых лесах Полесья. Сборник научных работ института леса АН Белорусской ССР, вып. VII, Минск, 1956.

Поступила в редакцию  
8 июня 1963 г.

УДК 634.0.533 (634.0.522 + 634.0.521)

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ  
НА ЕГО ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ****А. А. МАКАРЕНКО**

Ученый секретарь

(Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства)

Густота древостоев имеет большое значение в лесокультурной практике и при проведении рубок ухода за лесом, так как от нее зависит производительность и продолжительность выращивания насаждений. Однако до сих пор нет единого мнения о наиболее целесообразной густоте и о ее влиянии на таксационные показатели древостоев.

В связи с этим при изучении формирования сосновых древостоев на гранитах в Казахском мелкосопочнике (Кокчетавская область, Целинного края) было уделено внимание вопросу влияния густоты древостоя на его таксационные показатели.

Материалом для изучения послужили пробные площади, заложенные в 1948—1950 гг. бывшим Боровским государственным заповедником под руководством канд. сельскохозяйственных наук А. А. Вейсмана в сосняках различной густоты и возраста, находящихся в одинаковых условиях местопроизрастания (сосняк мертвопокровно-лишайниковый). Насаждения возникли на месте бывших горельников после их вырубки. Древостои в пределах возрастных групп условно разновозрастны, различия в возрасте модельных деревьев не превышают одного класса возраста. Почвы изучаемых участков мелкие, дресвяные, грубоскелетные. С глубины 25—30 см сложение очень плотное, много мелких камней и скальных обломков. На отдельных участках на поверхности встречаются глыбы гранита. Класс бонитета насаждений IV—V.

На каждой пробной площади насчитывали от 400 до 1000 деревьев, у которых был измерен диаметр с точностью 1 мм и высоты у трех деревьев от каждой односантиметровой ступени толщины с точностью от 10 до 50 см. Диаметры измеряли штангенциркулем, высоты — рейкой с десятиметровыми делениями, а у деревьев выше 7 м — эклиметром. От всех ступеней толщины было взято по 8—14 модельных деревьев (всего 424 шт.) для определения запаса, текущего объемного прироста, коэффициента формы  $q_2$  и видового числа  $f$ .

Объем моделей определяли по сложной формуле срединных сечений, затем выравнивали по прямой Копецкого и по выравненным объемам каждой односантиметровой ступени толщины вычисляли запас на пробных площадях. Текущий объемный прирост был получен как средний периодический за последние 5 лет. Естественный отпад за этот период в расчет не принимали.

В настоящей работе использованы материалы таксации 42 пробных площадей, заложенных в сосновых древостоях в возрасте 16, 35 и 47 лет, и сделана попытка установить влияние густоты древостоя на величину

Таблица 1

№ пробных площадей	Число деревьев на 1 га, шт.	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Запас, м <sup>3</sup>
2/III	6900	3,6	3,6	7,6	23
4/II	15100	4,8	5,6	26,0	99
3/IV	9300	3,5	3,5	9,6	29
2/II	17110	4,8	5,6	28,0	105
4/III	9300	3,6	3,6	10,1	30
1/II	17250	4,5	5,4	27,0	98
2/II	12600	3,0	3,3	8,8	26
2/IV	18130	4,3	4,8	25,0	88
к /IV	12800	3,1	3,3	10,1	30
4/III	18250	4,5	4,8	27,0	98
к /II	14000	3,0	3,3	9,8	29
к /II	19150	4,6	5,3	29,0	108
1/IV	15100	2,8	3,2	9,7	29
к /III	19680	4,2	5,0	26,0	93
3 II	15200	2,8	3,2	10,3	30
1/III	19730	4,3	5,1	26,0	96
2/I	17200	2,8	3,2	11,4	34
1/IV	22500	4,1	5,2	31,0	101
к /I	20600	2,5	3,0	11,6	34
—	—	—	—	—	—
4/I	27800	2,1	2,8	10,1	29
—	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — данные для 16-летних, в знаменателе — для 47-летних сосняков.

Таблица 2

Ступени толщины, см	Число деревьев при густоте (шт. на 1 га)			
	21100	31000	41800	52100
1	10432	15150	25040	13970
2	3205	6300	7160	10190
3	2448	4165	4475	4920
4	1676	2228	2220	2210
5	1276	1380	1280	1310
6	870	840	728	710
7	554	510	470	325
8	343	220	185	195
9	160	110	155	180
10	60	35	55	35
11	58	10	25	45
12	19	—	7	10

среднего диаметра, средней высоты, суммы площадей сечения, запаса, текущего прироста по запасу и некоторых других таксационных показателей.

Анализ материалов таксации пробных площадей (табл. 1) показывает, что как в 16-летних, так и в 47-летних сосняках отмечается закономерное уменьшение среднего диаметра и средней высоты с увеличением густоты древостоя. Сумма площадей сечения возрастает с повышением густоты, запас в одних древостоях увеличивается, в других остается постоянным. Уменьшение величины среднего диаметра и высоты с увеличением густоты древостоев как бы указывает на худший рост на-

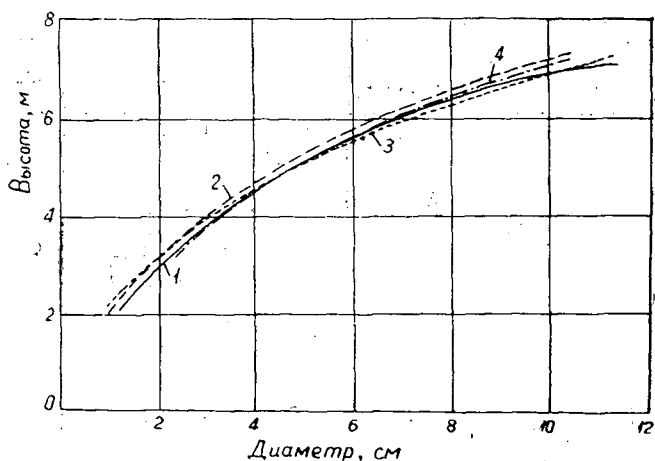


Рис. 1. Соотношение высот и диаметров при различной густоте древостоев.

1 — 20700 шт.; 2 — 308000 шт.; 3 — 41600 шт., 4 — 650 0 шт. на 1 га;

саждений. Тем не менее, увеличение запаса с возрастанием густоты говорит о том, что густые насаждения более производительны. Попытаемся установить причины кажущихся противоречий. Рассмотрим распределение деревьев по односантиметровым ступеням толщины в 35-летних древостоях различной густоты (табл. 2).

Из таблицы видно, что с увеличением числа деревьев на единице площади в древостоях происходит накопление тонкомерных деревьев в больших количествах. Наличие в густых древостоях меньшего числа крупных деревьев, чем в редких, указывает на потенциальную возможность повышения прироста по диаметру в первом случае, путем соответствующего изменения условий внешней среды рубками ухода.

В тесной связи с диаметрами находятся и высоты деревьев. Выявление такой связи путем построения графиков высот для различных пробных площадей (рис. 1) позволило установить, что кривые высот не зависят от густоты древостоя. На рис. 1 построены кривые высот по результатам обмера 203 модельных деревьев, взятых на четырех пробных площадях с различной густотой в возрасте 35 лет. Выявленные зависимости говорят о том, что по величине среднего диаметра и средней высоты нельзя полностью судить о росте исследуемого древостоя.

С увеличением густоты древостоя повышаются коэффициент формы и видовое число. Известно, что запас древостоя равен произведению суммы площадей сечения на среднюю высоту и видовое число. Поскольку с увеличением числа деревьев на 1 га видовое число возрастает, а средняя высота уменьшается, то значения видовых высот должны быть очень близки для древостоев различной густоты, и, следовательно, запас в первую очередь будет зависеть от суммы площадей сечения. Так оно и оказалось в нашем примере. Необходимо отметить, что на величину отдельных таксационных показателей в загущенных сосняках влияет метод их определения. Средняя высота, вычисленная методом средневзвешенного через площади сечений ступеней толщины в 35-летнем древостое оказалась на 1—1,5 м больше, чем определенная по графику высот. А. П. Юновидов [2] высказал мысль, что средняя высота в загущенных насаждениях не может служить мерилем бонитета. По его данным, она занижает бонитет на один-два класса.

Наши исследования [1] показали, что вычисление запаса загущенных сосняков, у которых имеется правая асимметрия кривой распределения деревьев по естественным ступеням толщины, по среднему модельному дереву (высота определена по графику высот), приводит к уменьшению запаса древостоя на 40—43% и бонитет насаждения снижается на один класс.

Текущий прирост по запасу также имеет связь с густотой древостоя. На рис. 2 приведена зависимость объемного текущего прироста от числа деревьев на единице площади в 16- и 47-летних сосняках. В молодом древостое с увеличением густоты от 8 до 17 тыс. стволов на 1 га прирост по запасу возрастает, а при дальнейшем повышении густоты до 28 тыс. остается постоянным.

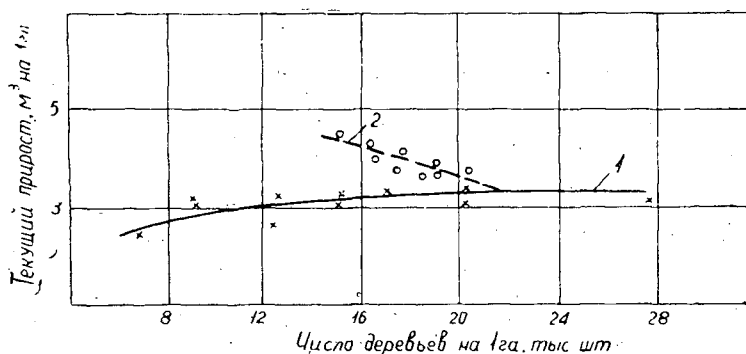


Рис. 2. Текущий объемный прирост в зависимости от густоты древостоев.

1 — 16-летние сосняки; 2 — 47-летние сосняки.

В 47-летнем древостое с увеличением густоты прирост уменьшается. Есть основание предполагать, что в этом возрасте максимальный текущий объемный прирост присущ древостоем с оптимальной густотой (менее 15 тыс. стволов на 1 га).

Таким образом, в разном возрасте густота древостоя не одинаково влияет на величину объемного прироста. Полученная зависимость позволяет определить наиболее целесообразное число деревьев на 1 га при наибольшем приросте по запасу. Для более точного установления оптимальной густоты, при которой достигается наибольший объемный текущий прирост, необходимо ввести коррективы на количество деревьев, отстающих в росте и не дающих сколько-нибудь значительного накопления объема. Но в связи с тем, что этот вопрос требует специального изучения, в данной статье он не затронут.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Макаренко. Определение запаса древостоев по способу средней модели. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1963. [2]. А. П. Юновидов. Материалы по изучению биологии сосны обыкновенной в условиях нагорных лесов Кокчетавского мелкосопочника. Автореферат кандидатской диссертации, Алма-Ата, 1956.

Поступила в редакцию  
14 июня 1963 г.

УДК 634.0.62 (674.0.31.21)

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВА В БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. П. ЧУПРОВ**

Научный сотрудник

(Архангельский институт леса и лесохимии)

В течение последних десятилетий в лесах Архангельской области на больших площадях получили значительное распространение сплошно-лесосечные концентрированные рубки. Изучение вырубок показало, что около 2/3 возобновляющихся молодняков — березняки.

В ряде смежных северных областей также можно наблюдать смену хвойных лесов лиственными в результате рубок. В связи с резким увеличением березовых насаждений возникает вопрос: что они могут дать для народного хозяйства в дальнейшем, как их правильно использовать и вести хозяйство уже сейчас? В недалеком будущем лесная промышленность области будет вынуждена в значительном объеме эксплуатировать спелые лиственные насаждения, в частности — березовые.

При современном уровне химической переработки и деревообработки неверно считать березу второстепенной породой. Она дает высококачественное сырье для ряда важных производств. Не следует также забывать, что береза растет в два раза быстрее, чем хвойные.

Многие вопросы, касающиеся березовых насаждений (особенно смешанных), такие, как формирование, ход роста, сортиментная и товарная структура, вопросы спелости и возраста рубок в условиях Архангельской области изучены довольно слабо или совсем не изучены.

Объектом исследования явились чистые и смешанные с елью березняки-черничники III и IV классов бонитета, наиболее широко распространенные в Архангельской области.

Нашей задачей являлось: дать общую характеристику березняков области, осветить некоторые вопросы формирования, структуры и ведения в них хозяйства. Примерно половина ныне существующих березняков возникла как следствие сплошной рубки хвойных лесов, а остальная часть — в связи с пожарами прошлых лет. Березняки могут возникать также в результате стихийных бедствий: ветровала и бурелома хвойного леса. Однако эти явления (за исключением Пинежско-Лешуконского района) встречаются редко.

Насаждения с преобладанием березы в Архангельской области занимают 9% лесопокрытой площади. Размещение их по территории области неравномерно. Наибольший процент березняков находится в Железнодорожном лесозащитном районе, что обусловлено самой высокой интенсивностью в нем лесопользования.

Возрастное распределение березовых насаждений области характеризуется преобладанием молодых и средневозрастных насаждений. Наи-

большой процент (как и в хвойных) занимает тип леса «черничник» — 46%. В целом в области (по материалам лесоустройства) преобладают березовые насаждения IV класса бонитета (47%).

Производительность березняков в разных частях области различна. Для основных лесоэкономических районов\* характерно преобладание высокобонитетных (II, III, IV классы) березняков — 77,6%.

Связь между типами леса и классами бонитета в березняках этих районов следующая: березняк-брусничник — IV—III классы бонитета; березняк-долгомошник — IV—V классы; березняк-черничник — IV—III—II классы; березняк сфагновый — V—Va классы.

Проведенные нами исследования (закладка 60 пробных площадей, рекогносцировочные обследования и глазомерная таксация) в березняках-черничниках III и IV классов бонитета, возникших после рубок и пожаров в ельниках-черничниках, позволили выделить три категории березняков, отличных одна от другой по составу, структуре и имеющих различную хозяйственную ценность.

I категория — чистые березовые насаждения. К этой категории относятся березняки, в которых нет примеси ели или она единична. Они могут быть как послерубочного, так и послепожарного происхождения и появляются там, где нет еловых обсеменителей, не сохранился подрост, или же условия возобновления на вырубке препятствуют прорастанию семян и развитию всходов хвойных пород.

II категория — березовые насаждения со вторым ярусом ели, имеющей последующее происхождение. Возраст ее, как правило, меньше или равен возрасту березы. Ель с момента появления и до возраста спелости находится большей частью во втором ярусе и сильно стеснена березой. С возрастом она приближается к первому ярусу и частично выходит в него. Но даже в возрасте 120 лет средние высоты ярусов сильно отличаются: в III классе бонитета — на 39%, в IV — на 23%. (рис. 1 и 2). К возрасту 80—120 лет в первый ярус выходит 5—7% общего числа деревьев ели. В то же время запас их составляет 20—30% всего запаса пер-

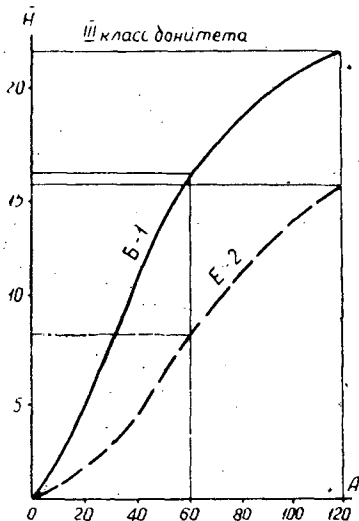


Рис. 1.

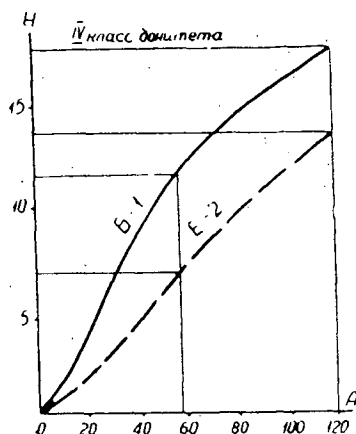


Рис. 2.

\* Н. А. Моисеев, С. К. Лебедев. Очередные вопросы лесопользования. Архангельск, 1960.

вого яруса. Насаждения II категории появляются там, где после рубки или пожара еловый подрост не сохранился, но имеются еловые обсеменители или семена в подстилке.

III категория — березовые насаждения, в состав которых входит ель предварительного возобновления (сохранившийся после рубки или бурелома подрост). Возраст ели из подроста намного выше возраста березы и сильно варьирует. От 40 до 60% деревьев ели из сохранившегося подроста с момента появления березы и до возраста спелости находится в первом ярусе (вместе с березой) и дает большой прирост по высоте и диаметру. Ель последующей генерации находится в основном во втором ярусе (рис. 3 и 4). Она значительно отстает по высоте от

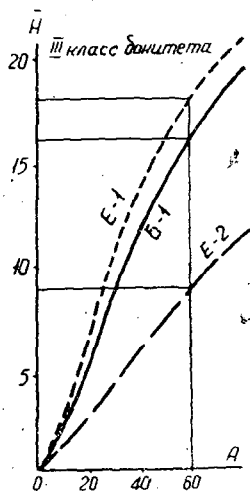


Рис. 3.

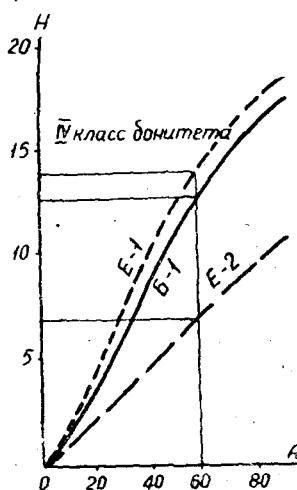


Рис. 4.

березы: в 120 лет разница средних высот составляет 35%. В то же время высота первого яруса несколько выше, чем березы. Наши исследования данной категории насаждений в сравнительно широком диапазоне возрастов (до 120 лет) показали, что выход в первый ярус в большей степени зависит от высоты подроста в момент рубки. Первый ярус большей частью составляют деревья ели, имевшие в момент рубки высоту более 1 м. Мелкий подрост (до 1 м) чаще всего заглушается березой и формирует в смешанном насаждении второй ярус.

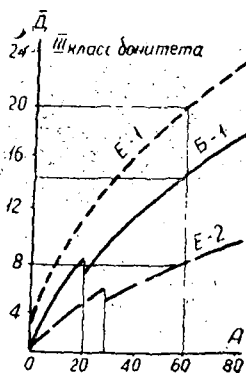


Рис. 5.

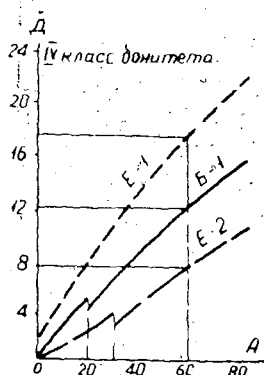


Рис. 6.



Деревья ели, выходящие в первый ярус, за сравнительно небольшой срок (60 лет) достигают размеров деревьев спелого насаждения. Средний диаметр их в два с лишним раза выше, чем у ели второго яруса (рис. 5 и 6)\*. Можно сказать, что сохранение подроста при рубке, особенно крупного, позволяет выращивать крупномерные стволы ели за короткий срок — 70 лет. Насаждения III категории сложные, в них трудно выделить ярусы, так как ель может иметь различную высоту. Они возникают там, где после рубки или стихийного бедствия сохранился подрост ели и при наличии еловых обсеменителей и семян в подстилке появляется ель последующего возобновления.

Насаждения I категории занимают лишь 1/5 площади всех березняков области. Преобладают смешанные елово-березовые насаждения II и III категорий, составляющие вместе 4/5 площади березняков.

Материалы лесоустройства характеризуют березовые насаждения как низкопроизводительные. Средние запасы на 1 га спелых березняков области по данным лесоустройства следующие: II класс бонитета — 196 м<sup>3</sup>; III — 154; IV — 108; V — 64; Va — 39.

Наши исследования показали, что производительность березовых насаждений в действительности в два раза выше, чем это определено лесоустройством. Березняки области, особенно смешанные, характеризуются довольно большой полнотой. Например, по нашим данным, в насаждениях II категории в возрасте 60 лет полнота первого яруса равна 0,8 и второго — 0,6. В то же время средняя полнота спелых березняков области, определенная лесоустройством в целом (без выделения ярусов), равна 0,7. Отсюда становится понятным, почему в лесоустроительных данных показаны низкие запасы древостоя. Производительность смешанных березняков II и III категорий выше, чем чистых одновозрастных ельников, на 10—40%, что в большой степени обусловлено двухъярусностью.

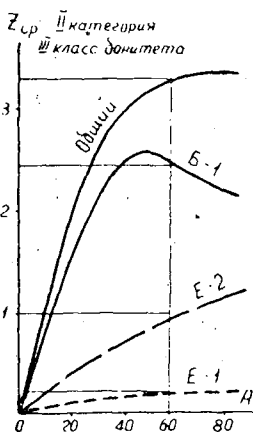


Рис. 7.

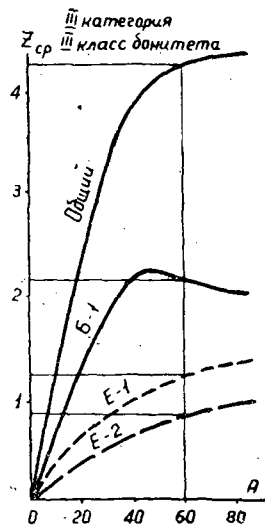


Рис. 8.

Средний прирост всей древесины на 1 га довольно высок, до 60 лет он увеличивается интенсивно, а затем — незначительно. Средний прирост

\* В возрасте до 20—30 лет показаны диаметры у шейки корня.

насаждений III категории несколько выше, чем во II. Интенсивный прирост в первые 40 лет происходит в основном за счет березы (рис. 7 и 8). Средний прирост ели первого яруса в насаждениях III категории значительно интенсивнее, чем ели второго яруса. Текущий прирост насаждений с возрастом резко меняется. Максимум его в насаждениях II категории наступает в 40—50 лет, III — в 40 лет (рис. 9 и 10).

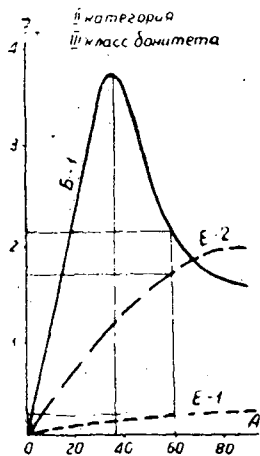


Рис. 9.

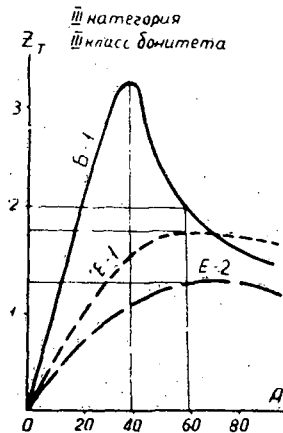


Рис. 10.

Возраст количественной спелости березовых насаждений обеих категорий в III классе бонитета равен 55, в IV — 60 годам, в том числе березовой части — 45 годам в III и 50 годам в IV классе бонитета.

Возраст технической спелости березы по ведущим деловым сортаментам — фанерной и лыжной древесине (I и II сорта) — равен 70—80 годам. В возрасте технической спелости березы (при сплошной рубке) сортиментная структура насаждений II категории характеризуется преобладанием средних березовых, мелких и средних еловых сортиментов. Насаждения же III категории в этом возрасте характерны значительным содержанием средних березовых, крупных и средних еловых лесоматериалов. Принято считать, что возраст естественной спелости березняков не превышает 100—120 лет. Однако, как показывают материалы лесоустройства, на территории области 16,3% площади березняков имеют возраст свыше 100 лет. Материалы пробных площадей свидетельствуют также о том, что даже в 127 лет в насаждениях II категории в первом ярусе преобладает береза. Следовательно, возраст естественной спелости (возраст распада) березняков Архангельской области лежит за пределами 120 лет.

При существующем положении лесного хозяйства в области рубки ухода на больших площадях невозможны. Сейчас они имеют лишь опытный характер. Но в отдельных районах (например, в прижелезнодорожных) они могут быть расширены до производственных масштабов. Применение рубок ухода в насаждениях II категории позволило бы получить при сплошной рубке в возрасте технической спелости березы (70 лет) значительное количество средних еловых, а в III — значительно повысить выход крупных еловых лесоматериалов.

Поступила в редакцию  
7 августа 1964 г.

УДК 634.0.164 + 634.0.18 (674.032.16)

## О НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКАХ СОСНЫ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ \*

В. Я. ПОПОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Исследованием эколого-морфологических признаков сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) занимались ученые многих стран. Л. Ф. Правдин [2] отмечал, что «хвоя — самый чувствительный орган, быстро реагирующий на условия окружающей среды и определяющий рост и развитие других органов растения». Весьма образно определил значение листа в жизни растения К. А. Тимирязев [4], который с полным основанием считал, что растение — это лист. Многие исследователи выделяли разновидности, ведущим диагностическим признаком которых считали длину и ширину хвои. Было отмечено, что варьирование размеров хвои сосны тесно связано с определенными областями произрастания. Сильвен показал, что наиболее короткую хвою имеет сосна на севере Швеции [2].

Кроме того, длина хвои варьирует в зависимости от продолжительности дня или фотопериода, что непосредственно связано с географической широтой [5]. Л. Ф. Правдин [2] отмечал, что хотя длина хвои сильно зависит от внешних условий, тем не менее она очень существенна для характеристики географической изменчивости.

Мы исследовали размеры однолетней хвои в географических культурах сосны, заложенных П. И. Войчалем [1] в учебно-опытном лесхозе АЛТИ.

В каждом географическом варианте было отобрано по 20 семян среднего развития и проведен количественный учет хвои и определен ее вес. В каждом варианте была измерена длина у 200 пар хвоинок. Данные сгруппированы по природным зонам.

Характеристика однолетней хвои в зависимости от происхождения представлена в табл. 1.

Из таблицы видно, что длина хвои у культур сосны южного происхождения в условиях Архангельской области несколько больше, чем у местных. Однако такая закономерность характерна не для всех вариантов. Например, у культур сосны Костромского происхождения длина хвои равна  $38,1 \pm 0,83$  мм, Тамбовского —  $38,3 \pm 1,14$  мм, Харьковско-го —  $39,0 \pm 1,24$  мм. Таким образом, наследственная способность сосны южного происхождения производить более длинную хвою в новых для нее климатических условиях в ряде случаев оказалась нарушенной.

\* Научный руководитель — доцент, кандидат сельскохозяйственных наук П. И. Войчаль.

Таблица 1

Происхождение семян (природная зона)	Вес одной хвоинки, мг	Количество одно- летней хвои на одном сеян- це, шт.	Длина хвои, мм	Вес хвои на одном се- янце, г	Прирост в высоту за 1964 г., см
Местные . . . . .	1,08	312,8±9,8	42,7±0,89	3,50±0,07	13,7±0,32
Европейская тайга . . . . .	1,34	271,4±7,4	43,4±0,97	3,64±0,08	12,3±0,30
Азиатская тайга . . . . .	1,33	244,8±8,1	44,4±1,02	3,26±0,09	9,7±0,22
Смешанные леса . . . . .	1,50	258,0±9,2	46,4±1,17	3,88±0,10	11,1±0,25
Лесостепь . . . . .	1,40	250,6±9,7	44,6±1,23	3,50±0,09	10,0±0,27
Степь . . . . .	1,43	257,2±10,0	47,1±1,21	3,68±0,12	8,5±0,23

У сосен инорайонного происхождения в условиях Архангельской области длина хвои меньше, чем у сосен, произрастающих в оптимальных условиях существования. Это наглядно видно из сравнения данных Л. Ф. Правдина [2] и наших (табл. 2).

Таблица 2

Данные Л. Ф. Правдина		Данные В. Я. Попова		
место взятия образца	средняя длина одно- летней хвои, мм	место взятия образца	происхождение	средняя длина одно- летней хвои, мм
Удмуртская АССР . . . . .	67	Архангельская область	Марийская АССР . . . . .	50,0±1,20
г. Красноярск, окрест- ности . . . . .	55	"	Уярский лесхоз Красно- ярского края . . . . .	44,5±0,95
г. Якутск, окрестности г. Минусинск, Красно- ярского края . . . . .	42 69,2	"	Усть-Алданский лесхоз Якутской АССР . . . . .	37,3±0,81
		"	г. Минусинск, Красно- ярского края . . . . .	44,5±0,95

У сосны северного происхождения количество однолетней хвои на одном сеянце больше, чем у сосен южного и азиатского происхождения. Разница эта существенна. Вес хвои сеянца и одной хвоинки у сосны более южного происхождения несколько выше, чем у местной, во всяком случае для сосны из смешанных лесов это можно считать доказанным. По данным А. В. Савиной [3], листовая поверхность хвои одного дерева пропорциональна весу хвои. Казалось бы, сосна южного происхождения, имеющая несколько большую ассимиляционную поверхность, должна иметь и больший прирост в высоту, однако в действительности это не так. Замедленный рост сосны южного происхождения объясняется различной климатической характеристикой Архангельской области и оптимальных условий роста.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] П. И. Войчалъ. Географические культуры сосны в Архангельской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1961. [2] Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд-во «Наука», М., 1964. [3] А. В. Савина. Физиологическое обоснование рубок ухода. Гослесбумиздат, 1961. [4] К. А. Тимирязев. Жизнь растения. Собрание сочинений, т. 4, М., Сельхозгиз, 1938. [5] А. П. Тольский. Частное лесоводство, ч. I, Лесное семеноведение. Изд. журн. «Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо», М., 1927.

УДК 674.038.15 (674.032.13)

## ФАУТЫ ЕЛИ В НАСАЖДЕНИЯХ ЛИСИНСКОГО ЛЕСХОЗА

Н. Б. МУРАВЬЕВА

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Изучение фауны растущего леса имеет большое значение. Знание степени фауности, видов фаутов, особенностей распространения их в стволах и учет влияния их при использовании древесины дает возможность производить правильные расчеты выхода деловых сортиментов при эксплуатации насаждений, помогает сохранять леса и наиболее рационально использовать лесосечный фонд.

В целях установления фауности и определения влияния несплошных рубок на повреждение паразитарными и раневыми гнилями части древостоя, оставшегося после первых приемов рубки, автором по поручению кафедры древесиноведения и фитопатологии ЛТА под руководством проф. А. Т. Вакина в 1960—1962 гг. было проведено фитопатологическое обследование насаждений Лисинского учебно-опытного лесхоза (в Лисинском, Перинском и Кастенском лесничествах).

Из хвойных пород лесхоза ель наиболее подвержена сердцевинной гнили. В еловых насаждениях распространены гнили, вызываемые грибами *Trametes abietis* (Karst.) Sacc., *Fomes annosus* (Fr.) Sck.; *Fomes pinicola* (Sw.) Sck., *Armillaria mellea* (Vahl.) Quil. (табл. 1.)

Таблица 1

Гриб	Процент пораженных деревьев	Кварталы
Еловая губка	5—8 15	24, 26, 66, 68, 71, 81, 83, 91, 92, 99, 122, 196, 197, 201, 202, 203
Корневая губка	До 5 10—15	71, 76, 81, 83, 92, 194, 204 10, 13, 18, 30, 35, 36, 47, 48, 100, 195
Окаймленный трутовик	Единично	4, 13, 24, 90, 91
Опснок	До 10	Повсеместно 90, 204
Раневые гнили	11—20 21—40	14, 24, 56, 57, 63, 65, 68, 70, 71, 97, 98 2, 81, 91, 100, 109, 115, 195, 196, 197, 201—203

Наибольший вред ельникам приносит еловая губка. Иногда процент зараженности доходит до 15. Еловая губка распространена в основном в ельниках-черничниках, которые занимают 16% лесопокрытой площади лесхоза и 52% площади всех ельников. По данным И. И. Шишкова и И. Е. Докудовского [3], поврежденность стволов ели еловой губкой

в этом типе леса составляет от 3 до 10%. Иногда она встречается и в ельниках хвощово-сфагновых, то есть там, где стволы плохо очищаются от сучьев. Гниль чаще всего начинается на расстоянии 30—50 см от поверхности земли и поражает весь ствол дерева, иногда она заходит даже в корни. Из таких деревьев почти не выходит деловых сортиментов. Еловой губкой поражаются деревья в насаждениях старше второго класса возраста. Заражение стволов спорами возбудителя происходит осенью через места облома сучьев. Гриб сильнее разрушает центральную часть ствола. Плодовые тела обычно образуются на сучьях, обволакивая их с нижней стороны. Гниль иногда не оказывает влияния на внешний вид дерева, но обычно сильно влияет на выход деловых сортиментов, даже если гниль находится в начальной стадии.

Зараженность ели корневой губкой в среднем по лесхозу составляет около 4%. Этот гриб повреждает корневую систему стволов. Встречается это заболевание чаще в ельниках-кисличниках, на плодородных, хорошо дренированных почвах. Гриб поражает группы деревьев, которые или засохли или засыхают.

Окаймленный трутовик как сапрофит встречается повсеместно на валежнике, пнях; как паразит — на стволах деревьев, травмированных, ослабленных опенком или короедами, обгорелых. Иногда он образует плодовые тела около ран. На стволах растущих деревьев мы встречали плодовые тела в местах поранений стволов на высоте 0,5—0,7 м от поверхности земли, возраст плодовых тел больше пяти лет, гниль в месте поранения ядрово-заболонная, красновато-коричневой окраски.

Опенк встречается везде на валежнике, пнях, сухостое. В Перинском лесничестве он отмечен на растущих стволах ели при наличии заболачивания, а при напенной раневой гнили (в дуплах) — на растущих деревьях как один из возбудителей раневой гнили.

Значительное количество деревьев в еловых насаждениях повреждено так называемой раневой гнилью, которая обычно возникает у деревьев, имеющих механические повреждения, и вызывается комплексом микроорганизмов.

А. Т. Вакин [1] указывает, что такая гниль может быть только в ядровой древесине ствола, а поэтому более свойственна взрослым и старым деревьям. Вред от раневых гнилей, вызываемых преимущественно сапрофитными грибами, значительно меньше, чем от паразитарных, и зависит от породы дерева, размеров раны, времени поранения и видов дереворазрушающих организмов.

Раневая гниль имеет большое распространение в ельниках массива (табл. 2) в результате постепенных рубок, проведенных в Лисине в кон-

Таблица 2

№ пробных площадей	Тип ельника	Класс возраста	Общее количество обследованных деревьев	Количество поврежденных и зараженных гнилью деревьев		В том числе зараженных			
				шт.	%	раневыми гнилями		прочими гнилями	
						шт.	%	шт.	%
2	Черничник	V	211	30	14,1	28	13,2	2	0,9
3	"	IV	153	22	14,4	14	8,8	8	5,6
4	"	V	226	39	17,2	28	12,4	11	4,8
5	"	VI	161	37	22,9	29	18,0	8	4,9
6	Кисличник	V	254	57	22,4	54	21,3	3	1,1
7	Кислично-папоротниковый	V	313	47	15,0	40	12,7	7	2,3
8	Черничник	VI	262	20	7,6	16	6,1	4	1,5

це прошлого и начале нашего столетия, после происходивших здесь военных действий во время Великой Отечественной войны, от затесок при проведении лесоустроительных и лесохозяйственных работ, заготовке и транспортировке древесины, при механизированных лесосечных работах.

Как видно из приведенных данных обследования, больше всего древостои повреждаются раневыми гнилями. В среднем около 13,3% стволов ели в приспевающих и спелых насаждениях дают незначительное количество деловых сортиментов из-за повреждения раневой гнилью. В случае оставления на корню деревьев, пораженных раневыми гнилями, потеря деловой древесины будет увеличиваться.

Обследование древостоя, оставшегося после первого приема постепенных механизированных рубок, проводимых по методу ЛТА, в 1959 г. (квартал 2 Машинской дачи, Лисинского лесничества) и насаждений в кварталах 37, 91, 171 Лисинского лесхоза представляет возможность подтвердить высказанные нами предположения (табл. 3).

Таблица 3

Порода	Число стволов на 1 га	Распределение стволов, %					
		здоровых	поврежденных				итого
			механически	гнилых	засохших	ветровальных	
Ель . . . . .	228	73,3	19,3	0,9	4,4	2,1	26,7
Береза . . . . .	34	17,6	61,8	11,8	2,9	5,9	82,4
Осина	28	46,4	—	39,3	7,1	7,2	53,6
Всего . . .	290	64,2	22,4	5,1	4,8	3,5	35,8

Из общего количества деревьев на пробной площади, оставшихся после первого приема постепенной рубки, 35,8% повреждены, большинство из них механическим путем. В полученных поранениях впоследствии может образоваться раневая гниль, что будет способствовать появлению бурелома, ветровала и уменьшению выхода деловых сортиментов.

Из всех обследованных древесных пород, имеющих механические повреждения, ель больше всех предрасположена к раневой гнили. У лиственных пород в случае механических повреждений наблюдается раневая реакция; при этом выделяются напоминающие камеди вещества, которые закупоривают водопроводящие пути. У хвойных эту роль выполняет смола. Наиболее значительное распространение раневой гнили в стволах ели можно объяснить тем, что в ее древесине смоляные ходы немногочисленны и к тому же выстланы толстостенными клетками эпителия. Поэтому при повреждении ствола у ели не происходит интенсивного смолистечения, что способствует проникновению мицелия гриба в древесину ствола и развитию гнилового процесса. Чем больше рана, тем глубже и дальше пойдет процесс гниения.

Внутрь ствола через раны попадают не только споры грибов, но также вода и воздух, необходимые для процесса гниения. Чем больше рана на стволе, тем дольше она не зарастает, а следовательно, тем дальше по стволу продвигается гниль, захватывая большие участки древесины и сильнее разрушая ее. Особенно быстро развивается раневая гниль, когда в стволе дерева имеется две и более раны. «Эти раны как бы взаимодействуют в воздухообмене, создавая довольно совершенную «вентиляцию» [1].

На обследованных участках отдельные деревья имеют раны протяженностью до 2,0 м; преобладающая длина ран 10—40 см, ширина от

3—8 до 20 см. Наиболее часто на стволах деревьев встречаются открытые вдавленные раны с обнаженной омертвевшей древесиной. Иногда поверхность древесины покрыта засохшей корой. Ширина ран этого типа от 3 см до одной трети периметра ствола. Около половины пораненных деревьев, оставшихся после постепенной механизированной рубки, имеют свежие раны. Остальные раны старые, различной давности, они заросли полностью или частично.

Свежие раны отмечены на стволах деревьев, оставшихся после первого приема рубок вдоль трелевочных волоков. Раны находились на разной высоте ствола и были нанесены трелевочными хлыстами и механизмами. Особенно значительными были механические повреждения корней.

Степень разрушения древесины при раневых гнилях зависит от давности поранения, а также от вида разрушающего организма. Следует отметить, что при длительном развитии гнили от стадии краснины до стадии дулла происходит закономерная смена разрушающих организмов.

Скорость распространения раневых гнилей сравнительно невелика. По нашим данным, быстрее других распространяется по длине ствола гниль, вызываемая грибом *Greteum sanguinolentum* [2]. По данным А. Т. Вакина [1], раневая «гниль продвигается вдоль ствола на 1—10 см в год вверх и примерно на столько же вниз по стволу, а в поперечном направлении — в несколько раз медленнее».

Сравнительно небольшая скорость распространения раневой гнили по длине ствола дает возможность без больших потерь качества древесины оставлять деревья с умеренными поранениями до второго приема постепенной рубки (на 4—5 лет).

При оставлении пораненных стволов на более долгий срок гниль успеет развиться, поэтому неизбежны качественные потери.

В целях улучшения санитарного состояния ельников и предупреждения потери деловой древесины в них от раневых гнилей, при всех видах рубок в первую очередь следует убирать деревья ели, пораженные гнилями, как имеющие видимые плодовые тела, так и «подозрительные» (по редкому, бледному охвоению и глухому звуку при выстукивании), а также имеющие раны от механических повреждений шириной более 3 см и длиной более 0,5 м.

Для предотвращения механических повреждений древостоя во время рубок необходимо оставлять вдоль волоков защитную зону из деревьев, подлежащих уборке при окончании первого приема постепенных и выборочных рубок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Т. Вакин. Раневая гниль древесного ствола и условия ее развития. Drevnarský výzkum. Zväok 4, 1962. [2] Н. Б. Муравьева. О раневой гнили ели. Вопросы лесозащиты, т. II, М., 1963. [3] И. И. Шишков, И. Е. Докудовский. Типы леса Лисинского Учебно-опытного лесхоза и их хозяйственное использование. Гослесбумиздат, 1963.



УДК 595.768.11 (674.031.632.264.2)

**РОЛЬ ЖЕЛТОПЯТНИСТОГО УСАЧА (*Mesosa myops* Dalm.)  
В РАСПРОСТРАНЕНИИ ИНФЕКЦИОННОГО УСЫХАНИЯ  
ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ****И. И. МИНКЕВИЧ**

Научный сотрудник

(Институт защиты растений)

В последние десятилетия в СССР распространилось новое заболевание дуба — сосудистый микоз. Эта болезнь является инфекционной и вызывает усыхание дубовых древостоев на большой территории. Вопросы борьбы с ней разработаны еще недостаточно полно, что объясняется слабой изученностью биологии ее возбудителей, в частности, способов распространения инфекционного начала. Ю. Н. Иванченко [3] экспериментально доказала, что активным распространителем болезни является дубовый заболонник (*Scolytus intricatus* Ratz.), который заражает деревья в период дополнительного питания. В очагах усыхания дуба от сосудистого микоза на стволах и ветвях больных деревьев поселяется еще ряд видов стволовых вредителей, среди которых одним из многочисленных является желтопятнистый усач [2], [6], [7], [9]. Для того чтобы выяснить, является ли этот вредитель переносчиком инфекции, мы в 1961—1962 гг. в культурах дуба Савальского лесничества (Воронежская область) провели исследования, результаты которых изложены в настоящей работе.

Летом 1961 г. мы провели изучение микрофлоры поверхности тела желтопятнистого усача. Насекомых отлавливали в инсектарии, куда помещали отрезки ствола и ветвей дуба, усохшего от сосудистого заболевания, и непосредственно в очагах болезни. Анализ микрофлоры пойманных насекомых производили по методике, предложенной О. Савенковым [8]. При получении штамма возбудителя проверяют его патогенность путем инокуляции дуба суспензией спор гриба.

В инсектарии было отловлено 22 особи желтопятнистого усача. При анализе микрофлоры поверхности тела на трех из них был обнаружен возбудитель сосудистого микоза — гриб *Ophiostoma roboris* С. Georgescu, J. Teodori. Этот гриб в цикле развития образует три стадии — сумчатую (перитеции), несовершенные — *Hyalodendron* и *Graphium roboris*. Споры на концах коремиев *Graphium* собраны в слизистые головки и могут легко прилипать к телу насекомого (рис. 1). Этот же возбудитель был изолирован с поверхности тела двух жуков, пойманных в очаге усыхания. Все изолированные штаммы обладали патогенностью по отношению к дубу. Летом 1962 г. продолжено изучение роли желтопятнистого усача в распространении сосудистого микоза. При снятии коры с деревьев, погибших от болезни и заселенных личинками усача, было обнаружено, что в ходах личинок, под буровой мукой, наблюдается массовое образование спороношений возбудителей болезни (рис. 1). Для изучения



Рис. 1. Головка слизи со спорами на конце коремия *Gyromyces* (увеличено в 165 раз):



Рис. 2. Личинка желтопятнистого усача на обратной стороне коры дуба, погибшего от сосудистого микоза. Белые точки в верхней части снимка — мицелий и спороношения патогенов.

миклофлоры личинок были произведены посевами с поверхности тела 12 личинок и их ротовых аппаратов на агаровую среду в чашках Петри. Все личинки были заражены возбудителями сосудистого микоза, споры которых находились на их телах и челюстях.

В целях определения возможности заражения деревьев желтопятнистым усачом был поставлен опыт инокуляции отрезков ствола дуба и березы, которая восприимчива к заболеванию [5] через жуков, искусственно инфицированных возбудителями болезни. Жуков отлавливали вне очагов болезни в момент спаривания и помещали в садки с отрезками ствола дуба и березы. Предварительно был проведен микологический анализ древесины заражаемых стволов. В качестве инокулята использован гриб *Ophiostoma roboris*. Заражение поверхности тела жуков спорами производили двумя способами: опусканием их на минуту в суспензию спор несовершенных стадий грибов *Hyalodendron* и *Gyromyces* или непосредственным контактом насекомого с чистой культурой. После этого жуков переносили в садки; в первом случае — на отрезки ствола березы, во втором — дуба. Для предотвращения иссушения древесины концы отрезков стволов парафинировали, а сами отрезки в процессе опыта периодически увлажняли. В конце мая в каждый садок помещали по 8 пар насекомых. Через неделю был произведен анализ поверхности тела усачей (по три экземпляра из каждого варианта) методом посева отдельных их частей на агаровую среду. В результате этого было установлено, что инфекция сохранилась только на тех насекомых, которые были заспорены непосредственным контактом с культурой гриба. Через месяц после начала опыта был произведен тщательный осмотр заражаемых отрезков ствола. На отрезке ствола березы была обнаружена насечка в трещинах коры. По краям насечки через увеличительное стекло мы наблюдали коремии *Gyromyces*, при вскрытии около насечки обнаружили две личинки усача. На гладком отрезке ствола была выгрызена площадка, от краев которой проложены ходы личинок. Отрезки ствола дуба имели четыре насечки. При вскрытии в них находили личинки уса-

ча. По краям входного отверстия личинки и внутри ходов видны спороношения гриба *Ophiostoma roboris*, древесина заболони около хода имела бурый цвет. Гриб был изолирован из побуревших участков древесины дуба; из древесины березы, взятой около мест поселения жука, гриб изолировать не удалось. Таким образом установлено, что желтопятнистый усач заражает деревья при откладке яиц, при этом гриб образует спороношения в ходах личинок, последние активно распространяют возбудителя внутри ствола. Личинка заносит споры гриба в кукольную колыбельку, где и происходит заспорение имаго.

Для выяснения возможности распространения спор возбудителей болезни через кишечник насекомых был проделан микологический анализ экскрементов желтопятнистого усача. При этом возбудителей сосудистого микоза обнаружено не было. Для предупреждения распространения сосудистого микоза дуба следует проводить борьбу со стволовыми вредителями. Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства разработал химические меры борьбы с вредителями сосны, ели и дуба [1].

Однако вопросы борьбы с насекомыми как переносчиками инфекционного начала в очагах болезни требуют иного подхода к их решению. Основная цель истребительных мероприятий — уничтожение переносчика до того, как осуществится заражение. Заражение здорового дерева может происходить при дополнительном питании, путем контакта заспоренных покровов тела насекомого с имеющимися механическими повреждениями или при откладке яиц. Поэтому переносчик должен быть уничтожен до того, как он может войти в контакт со здоровыми деревьями, то есть в стволе или сразу же после выхода из него. Больные дубы, заселенные стволовыми вредителями, следует рубить, а затем вывозить из леса, окаривать или подвергать химической обработке [4].

В системе лесохозяйственных мероприятий особое место необходимо отводить подбору пород при создании смешанных дубовых культур, устойчивых к болезни. В этом случае следует учитывать возможность накопления в древостоях многоядных стволовых вредителей и, в первую очередь, желтопятнистого усача как переносчика инфекции. В состав таких насаждений следует вводить сосну, лиственницу, ясень, а также почвоотеняющие кустарники и деревья второго яруса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Горячева. Химические способы борьбы со вторичными вредителями леса. Книга «Защита лесов от вредителей и болезней», 1961, стр. 146—162. [2]. Т. М. Гурьянов а. О роли стволовых вредителей в развитии очагов голландской болезни. Труды Хоперского государственного заповедника, вып. IV, 1961, стр. 105—121. [3]. Ю. Н. Иванченко. О причине усыхания дубовых насаждений Липецкой дачи Савальского лесничества. Труды Всесоюзного института защиты растений, вып. 8, 1957, стр. 221—224. [4]. Ф. С. Кутеев. Опыт химической борьбы со стволовыми вредителями дуба. Сборник работ Северо-Кавказской лесной опытной станции, 1959. [5]. И. И. Минкевич. Специализация и культуральные признаки гриба *Ophiostoma roboris* С. Georgescu, I. Teodori — возбудителя сосудистого микоза дуба. «Ботанический журнал», т. XLVII, № 4, 1962, стр. 561—564. [6]. П. А. Положенцев, Е. В. Кучеров. Наблюдения над усачом *Mesosa myops* Dalm. и ложнослоником *Tropideres albirostris* Hbst. в дубравах Башкирии. Энтомологическое обозрение, т. 32, 1952, стр. 176—182. [7]. П. А. Положенцев. Санитарное состояние дубрав и лесозащитные мероприятия. Научные записки Воронежского лесотехнического института, т. 20, 1960, стр. 143—156. [8]. О. Са венков. Синява (*Geratostomella pini*) и сосновый короид. Записки Київського Сільськогосподарського інституту, т. II, 1927. [9]. В. Н. Старк. Значение ольховых насаждений в формировании фауны стволовых вредителей лесных посадок лесостепья. Труды Всесоюзного института защиты растений, вып. 15, 1960, стр. 191—204.

УДК 634. 0. 231 (674. 032. 14)

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ  
СУКАЧЕВА В ГОРЬКОВСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ****К. К. ПОЛУЯХТОВ**

Профессор, доктор биологических наук

**Н. В. КУПРИЯНОВ**

Аспирант

(Горьковский государственный университет)

В пределах Горьковской области лиственница Сукачева (*Larix Sukaczewii* Djil.) произрастает на юго-западной границе своего ареала. Изучение условий ее произрастания и естественного возобновления представляет несомненный научный и практический интерес. Лиственница произрастает в примеси к сосновым, реже к березовым насаждениям. По нашим данным, сосновые насаждения с примесью лиственницы 0,2—0,3 в Горьковском Заволжье занимают 5,4% площади, на остальной площади примесь лиственницы составляет 0,1 или единична. Возрастная структура лиственнично-сосновых насаждений следующая: молодняки до 40 лет — 33%, насаждения от 41 года до 70 лет — 3%, старше 70 лет — 64%. Предельный возраст отдельных лиственниц достигает 300 лет, а наибольшая высота 41—42 м.

В прошлом в Заветлужье были знаменитые лиственничные корабельные рощи, история отвода которых относится к концу XVIII века. Лиственнично-сосновые насаждения Горьковского Заветлужья претерпели большие изменения, что сказалось не только в сокращении их площадей, но особенно в уменьшении степени участия лиственницы в этих насаждениях. Ряд исследователей объясняет исчезновение лиственницы ее биологическими особенностями, ее пониженной, по сравнению с сосной и елью, конкурентной способностью [2], [16], [17], [12], [19], [10], [11] и др. Другие авторы [6], [1], [8], [14] отмечают высокую конкурентную способность лиственницы. Отсутствие возобновления лиственницы в Линдуловской роще А. А. Ниценко [9] объясняет не биологическими ее особенностями, а сильным развитием злакового покрова.

Сокращение площадей лиственнично-сосновых насаждений и уменьшение количества лиственницы в Горьковском Заволжье произошло, на наш взгляд, прежде всего из-за хищнических рубок этой ценной породы, повальных пожаров, неумеренной пастьбы скота и сенокосения.

С 70-х годов XIX века начались промышленные заготовки лиственницы со сплошной рубкой. Грандиозные пожары, уничтожавшие одновременно от 12 до 50 тыс. га лучших лесов, имевшие место в 1839—1841 годах, затем в период с 1891 по 1914 г. и в 1920 г. отмечали Я. Крживоблоцкий [5], И. Н. Соловьев [13], С. В. Конардов [4], Е. Дюбюк [3] и др. Для сохранения естественного возобновления по настоянию Комиссии по отводу лиственничных корабельных рощ в них запрещали не только выпас скота, но даже охоту и сбор плодов [15].

Исследование естественного возобновления мы проводили по типам вырубок [7] летом 1963 г. на территории Красно-Баковского лесхоза, Ветлужского и Красноярского леспромхозов в левобережье р. Ветлуги. Для уяснения динамики зарастания вырубок и формирования молодых насаждений в отдельных типах изучали также молодняки в возрасте от 15 до 35—40 лет. На типичных для лиственнично-сосновых лесов Заветлужья вырубках закладывали площадки по 4 м<sup>2</sup>, расположенные равномерно по диагонали, а в молодняках делали сплошной пересчет.

Учет возобновления в пределах пород проводили по группам возраста: 1—2, 3—5, 6—10, 11—15, более 15 лет. Детально описывали видовой состав, ярусное строение; започвенный покров и степень задернованности почв. Ширина лесосек от 100 до 200 м с количеством семенников лиственниц в возрасте 80—120 + 150 лет от 10 до 25—30 шт. на 1 га; расположенных в основном группами по 5—6 экземпляров и равномерно единичными экземплярами. Для оценки успешности возобновления использовали шкалу А. П. Шиманюка [18]. Средние показатели возобновления в пределах типов вырубок представлены в табл. 1.

Таблица 1

Возраст вырубок, лет	Возраст самосева, лет	Количество самосева, тыс. шт. на 1 га						итого
		листвен- ница	сосна	ель	береза	осина	липа	
Бруснично-вейниковые вырубки								
10—13	1—2	6,0	0,9	Редко курти- нами	0,2	0,2	—	7,3
	3—5	4,1	1,5	"	1,0	0,3	—	6,9
	6—10	0,4	0,9	"	1,0	—	—	2,3
	11—15	—	0,1	"	0,2	—	—	0,3
Итого		10,5	3,4		2,4	0,5	—	16,8
Бруснично-ракетинковые вырубки								
10—14	1—2	1,0	0,3	—	0,2	—	—	1,5
	3—5	1,6	1,3	—	1,7	0,2	—	4,8
	6—10	1,0	2,9	0,2	3,4	—	—	7,5
	11—15	0,1	0,7	0,1	1,1	—	—	2,0
	Более 15	—	—	0,1	0,1	—	—	0,2
Итого		3,7	5,2	0,4	6,5	0,2	—	16,0
Липняковые вырубки								
15—20	1—2	0,6	0,3	0,3	0,6	—	0,2	2,0
	3—5	1,4	1,4	0,2	2,3	0,2	0,4	5,9
	6—10	0,9	1,7	0,7	1,7	0,2	0,6	5,8
	11—15	0,2	0,3	0,8	0,9	—	1,4	3,6
Более 15	0,1	0,1	0,7	0,6	—	—	1,5	
Итого		3,2	3,8	2,7	6,1	0,4	2,6	18,8

Бруснично-вейниковые вырубки образовались на месте лиственничных сосняков брусничных и отличаются мощным развитием злаков, особенно вейника тростниковидного (*Calamagrostis arundinacea* Roth.), который образует два подъяруса с общей сомкнутостью полога 0,7—0,9; степень задернения почвы достигает 60—90%. Почвы дерново-подзолистые, средне оподзоленные, песчаные, свежие, с прослойками ортштейна и супеси, количество видов в травяном покрове — 25—30 на площади 400 м<sup>2</sup>. В первом пятилетии возобновляется в основном береза

и осина, и то не всегда удовлетворительно. Возобновление лиственницей растягивается на 10—15 лет. Однако 96% всего ее количества приходится на возраст 1—5 лет. Отмечена интересная взаимосвязь между количеством лиственницы, березы и возрастной структурой лиственницы. С увеличением примеси березы уменьшается абсолютное количество лиственницы, но увеличивается в процентном отношении примесь лиственницы более старших возрастов.

Бруснично-ракетниковые вырубki появляются в местах, занимаемых ракетниковыми борами. Они характеризуются наличием ракетника (*Cytisus ruthenicus* Fisch.) и менее развитым злаковым покровом. Общее количество видов в травяном покрове — 20—35 на 400 м<sup>2</sup>, степень задернения почвы — 50—80%, почвы свежие, характерна незначительная примесь ели. Картина возобновления видна из табл. 1.

Абсолютное количество лиственницы в данном типе вырубок значительно меньше, чем в предыдущем, но больше участие этой породы более старших возрастов (6—10 лет и более). Количество лиственницы уменьшается за счет увеличения примеси березы. Сначала, как правило, появляется береза, а затем самосев лиственницы. Разрыв между первым этапом заселения (березой) и вторым (лиственницей) достигает 2—5 лет. Со временем береза начинает выступать скорее в роли угнетателя, чем покровителя. Смыкание крон березы (в возрасте 7—10 лет) способствует заглушению лиственницы. Поэтому очень важно провести рубки ухода в формирующихся молодых насаждениях с примесью березы в возрасте до 10 лет, так как основная масса самосева лиственницы находится в это время под пологом березы.

В первые годы лиственница охотно селится под пологом березы, что дает основание думать, что в молодом возрасте лиственница менее светолюбива, чем береза. Поэтому на бруснично-вейниковых вырубках, где количество березы относительно меньше, чем на бруснично-ракетниковых, лиственница возобновляется хуже.

Липовые вырубki заняты главным образом молодыми зарослями произрастающей куртинами липы, количество стволиков которой на отдельных участках достигает нескольких десятков тысяч. Некоторое распространение получает также ракетник. В травяном напочвенном покрове (общее количество до 40 видов на 400 м<sup>2</sup>) преобладает лесное широколистное со значительным участием вейника лесного. Почвы дерново-подзолистые, средне оподзоленные, супесчаные, глубокие, хорошо дренированные, свежие.

В этих условиях роль березы выполняет липа. В местах обильного развития она не способствует возобновлению лиственницы. Лиственница поселяется по открытым местам, свободным от липы, которые предварительно заселяет береза.

В молодняках в возрасте 15—20 лет примесь лиственницы составляет 17%, но основное количество ее имеет возраст до 5 лет, в то время как береза (33%) и ель (14%) значительно старше. По данным пробных площадей, в насаждениях 30—40 лет при общем количестве деревьев от 2,3 до 4,2 тыс. на 1 га, участие лиственницы колеблется от единичных экземпляров до 0,2—0,4, а иногда до 0,6—1,5 тыс. шт. При своевременном применении рубок ухода с учетом имеющегося количества самосева можно направить формирование насаждений в желательную сторону и увеличить участие лиственницы до 30—50% за счет березы. Рубки ухода следует проводить верховым методом, а по массе выбирать 50—60% и более.

Содействие естественному возобновлению на липняковых вырубках способствует успешному возобновлению лиственницы. Так, на вырубке

1956 г. в квартале 136 Баковского лесничества, на которой в 1959 г. было сделано содействие путем проведения плужных борозд, возобновление главными породами отличное: из 42,8 тыс. шт. на 1 га. оказалось лиственницы 12,5 тыс. (29%), сосны — 1,1%, ели — 6% и березы — 54%, а на соседнем участке, на котором не было содействия, лиственницы было только 4,3 тыс. шт. из 28,0 тыс. шт. всех пород на 1 га.

Особенно охотно лиственница селится по пожарищам. В квартале 160 того же лесничества в недорубе лиственницы 80—100 лет с полной 0,3, пройденном беглым низовым пожаром в 1960 г., появилось самосева лиственницы 24,0 тыс. шт. и сосны 5,0 тыс. шт. на 1 га. Следовательно, основной причиной, затрудняющей естественное возобновление лиственницы, является не малое количество семян и их низкая всхожесть, а мощное развитие напочвенного покрова и сильная задерность почвы. В Заволжье лиственница достаточно хорошо плодоносит, и даже при невысокой всхожести ее семян на вырубках часто появляется самосев до 20—25 тыс. шт. на 1 га. Мы полагаем, что оставление на вырубках 20—25 семенников лиственницы на 1 га обеспечивает необходимое количество семян для ее возобновления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. С. Аверкиев. Растительность Заветлужья Красно-Баковского уезда. Производительные силы Нижегородской губернии, вып. 13, Нижний Новгород, 1929.
- [2]. С. Барановский. Естественнoисторические условия роста и возобновления и типы лесонасаждений в связи с основаниями хозяйства в Патахинской и Пелеговской казенных дачах Юрьевецкого лесничества Костромской губернии. Труды Костромского научного общества по изучению местного края, вып. 6, Лесной сборник, Кострома, 1917.
- [3]. Е. Дюбюк. Хозяйство в казенных лесах. Материалы по статистике Костромской губернии, т. 13, вып. II, Кострома, 1920. [4]. С. В. Конардов. Ижменское лесничество. Сборник Костромско-Ярославского управления земельных и государственных имуществ, вып. II, Кострома, 1913. [5]. Я. Крживоблоцкий. Материалы для географии и статистики России. Костромская губерния, СПб., 1861. [6]. В. Матренинский. Леса Кологривского уезда в естественнoисторическом отношении. Труды Костромского научного общества по изучению местного края, вып. 6, Кострома, 1917. [7]. И. С. Мелехов, Л. И. Корконосова, В. Г. Чертовской. Руководство по изучению концентрированных вырубок. Изд. АН СССР, М., 1926. [8]. М. И. Назаров. Растительность северной части Ветлужского уезда. Производительные силы Нижегородской губернии, вып. 13, Нижний Новгород, 1929. [9]. А. А. Ниценко. Линдуловская лиственничная роща. «Ботанический журнал», т. 44, № 9, 1959. [10]. В. А. Пováрицын. Произрастание лиственницы и ее возобновление в Баковском лесничестве Нижегородской губернии. Очерки по фитосоциологии и фитогеографии. Л., 1929. [11]. А. Н. Пономарев. О распространении сосновых лесов и сибирской лиственницы по восточной окраине Курганской лесостепи. Известия биологического НИИ при Пермском государственном университете им. Горького, т. 12, вып. 2, Пермь, 1941. [12]. Ф. В. Самбук. Печорские леса. Труды Ботанического музея, т. 24, 1932. [13]. И. Н. Соловьев. Варнавинское лесничество. Очерки состояния Костромско-Ярославского Управления земледелия и государственных имуществ и подведомственных ему учреждений и другие статьи, относящиеся к деятельности Управления, вып. 1, Кострома, 1913. [14]. В. И. Тихонов. К вопросу о формировании смешанных насаждений с участием лиственницы в горной части Северного Урала. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1963. [15]. В. М. Чарнецкий. Очерк истории выделения корабельных рощ из казенных дач в Костромской губернии. Очерки Костромско-Ярославского Управления земледелия и государственных имуществ и подведомственных ему учреждений и другие статьи, относящиеся к деятельности Управления, вып. 2, Кострома, 1913. [16]. В. М. Чарнецкий. Границы распространения некоторых древесных пород в Костромской губернии. Труды Костромского научного общества по изучению местного края, вып. 1, Кострома, 1914. [17]. М. С. Черновбровцев. О лиственнице сибирской по исследованиям в Макарьевском уезде Иваново-Вознесенской губернии. Записки Воронежского сельскохозяйственного института, т. 6, 1926. [18]. А. П. Шиманюк. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. Изд. АН СССР, М., 1955. [19]. Ю. Д. Цинзерлинг. О северо-западной границе сибирской лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.). Геоботаника, ч. I, изд. АН СССР, 1934.

УДК 634.0.561 (674.032.16)

## К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ И РОСТЕ ЧИСТЫХ СОСНОВЫХ МОДАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЕВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. Н. СОКОЛОВ**

Аспирант

**В. И. ЛЕВИН**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Для выявления особенностей строения, роста и формирования сосновых условно разновозрастных модальных древостоев Архангельской области нами в содружестве с Северным лесоустроительным предприятием проведены специальные натурные исследования. Используются также массовые таксационные материалы лесоустройства — таксационные описания участков и таблицы классов возраста для насаждений с преобладанием сосны — по 27 лесничествам в шести районах, характеризующих таежную часть Архангельской области.

В результате обработки массовых таксационных материалов получены следующие данные: средний класс бонитета модальных сосняков — IV, 97; средняя полнота — 0,53; средний возраст — 133 года; средний запас на 1 га — 103 м<sup>3</sup>.

Для определения роста этих древостоев были сделаны выборки из таксационных описаний для насаждений, имеющих состав 10 ÷ 8С, возраст от I до IX классов (до 180 лет), полноту 0,4 ÷ 0,6. В среднем взято примерно по 200 выделов \* каждого класса бонитета. На основании этих выборок изучено изменение некоторых таксационных показателей с возрастом древостоев в пределах каждого класса бонитета (IV, V, Va).

Модальные сосняки IV класса бонитета характеризуются следующими рядами по классам возраста.

Возраст, лет	20	40	60	80	100	120	140	160	180	Среднее
Полнота	0,53	0,54	0,58	0,55	0,54	0,55	0,52	0,54	0,51	0,54
Число выделов	27	9	5	22	22	37	33	23	10	188

Из приведенных рядов видно, что средняя полнота сосняков на всех участках очень близка к общей средней. Однако нет уверенности, что молодые сосняки (I—II классы возраста), имеющие такую полноту, сохраняют ее в старших классах возраста, и, наоборот, что старые древостои имели такую полноту в молодости.

Заслуживает внимания состав древостоев на этих участках. Средний коэффициент участия древесных пород в составе модальных сосняков IV класса бонитета может быть выражен формулой состава 92С8 (Б,Е). Иногда в составе примешиваются лиственница и осина.

\* Работа выполнена аспирантом Н. Н. Соколовым.



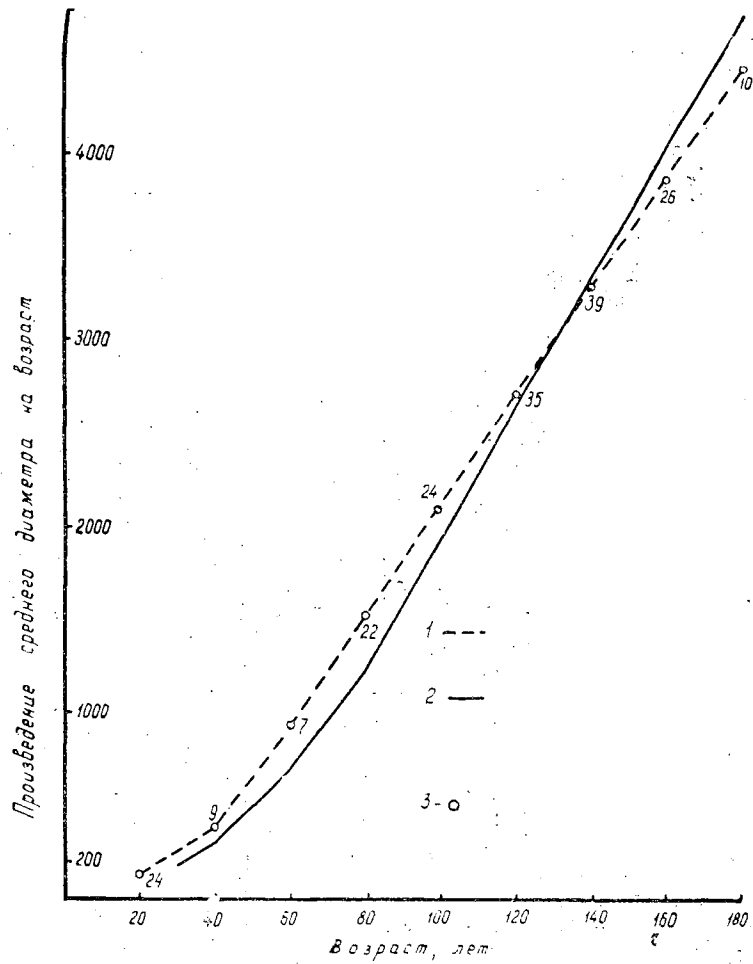


Рис. 1. Изменение средних диаметров с возрастом древостоев.

1 — модальные древостой; 2 — нормальные древостой по таблицам В. И. Левина; 3 — число случаев.

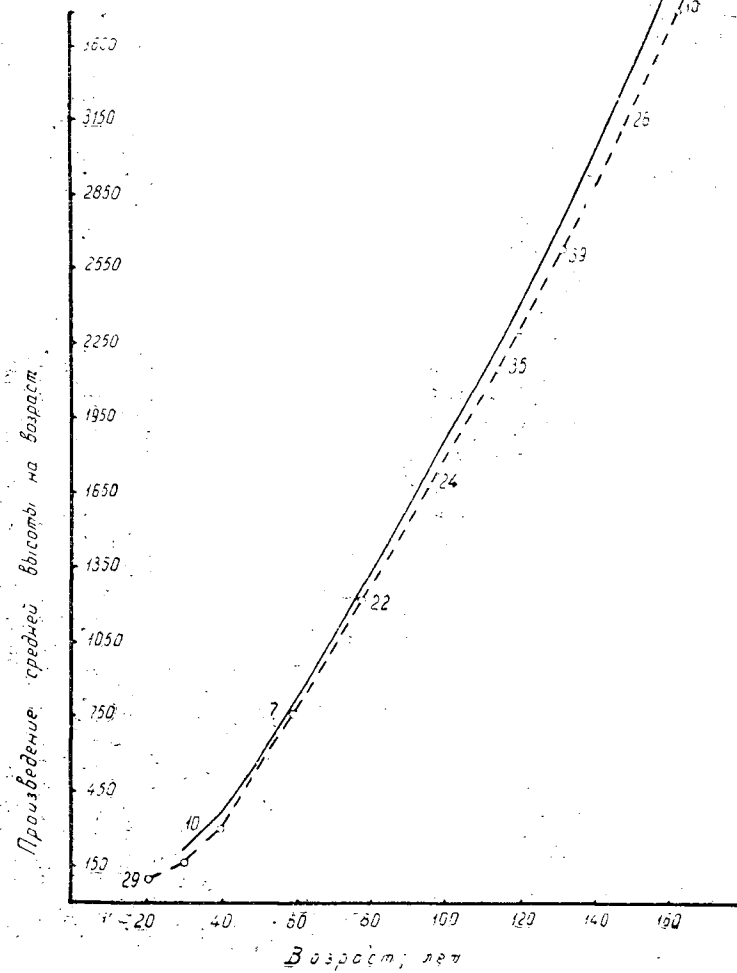


Рис. 2. Изменение средних высот с возрастом древостоев. Обозначения те же.

Средний коэффициент участия сосны в составе варьирует по типам леса от 8,6 до 10, других пород — от 1,4 до нуля.

Для составления опытных таблиц хода роста модальных сосняков области надо установить хотя бы в первом приближении распределение этих площадей по типам леса.

Основным таксационным признаком модальных древостоев, отличающих их от нормальных, является разреженность верхнего полога во всех классах возраста. Поэтому в нашем исследовании в первую очередь была поставлена задача установить влияние полноты на формирование, рост и строение сосновых древостоев. Кроме того, на основе проведенных исследований и массовых таксационных материалов лесоустройства должны быть составлены опытные таблицы хода роста модальных сосняков. В данной статье показано в первом приближении изменение средних высот и диаметров с возрастом в сосняках IV класса бонитета при полноте 0,4 — 0,6.

О влиянии полноты на рост и строение древостоев имеется немало различных высказываний, иногда противоречивых ([1], [3], [4], [5] и др.).

Положение об обязательном и резком влиянии полноты на видовое число, настойчиво пропагандируемое в русской специальной литературе [4] и технике, — несостоятельно. Изучая сосняки Архангельской области, мы пришли к такому же выводу [2]. Отсутствие единого мнения о влиянии полноты и сомкнутости на формирование, строение и рост насаждений свидетельствует о малой изученности этих вопросов, имеющих хозяйственное значение в лесном деле.

Изменение с возрастом средних диаметров и высот модальных сосновых древостоев IV класса бонитета, установленное по массовым таксационным материалам лесоустройства, показано на рис. 1 и 2. Из рис. 1 видно, что средний диаметр чистых модальных сосняков несколько выше, чем для нормального древостоя, до возраста 130 лет. В 130 лет средние диаметры совпадают, а в более старшем возрасте становятся ниже у модальных древостоев. Причина этого явления пока не установлена. Возможно, это связано с типом леса или с тем, что некоторые перестойные насаждения были пройдены выборочными рубками, широко применявшимися ранее во многих районах Архангельской области, особенно в зоне сплавных рек.

Из рис. 2 видно, что кривая хода роста модальных сосняков по высоте лежит несколько ниже, что и следовало ожидать, так как прирост по высоте в модальных древостоях при прочих равных условиях, по нашему мнению, должен быть несколько ниже, чем в нормальных.

Особенностью модальных древостоев является ход роста по средней высоте и среднему диаметру и, вероятно, по приросту, запасу, суммарной площади оснований на единицу площади и другим элементам, поэтому поставленную задачу по изучению строения и роста модальных сосняков Архангельской области мы считаем актуальной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. В. Загребев. Влияние полноты на текущий прирост сосновых насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1962. [2] В. И. Левин. К вопросу о строении сосняков Архангельской области. Труды АЛТИ, т. XIII, Архангельск, 1949. [3] Р. М. Сбоева. Рост сосны и березы в чистых молодняках при разной густоте. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1959. [4] Н. В. Третьяков. Закон единства в строении насаждений. Изд-во «Новая деревня», М.—Л., 1927. [5] А. В. Тюрин. Таксация леса. Гослестехиздат, М., 1945.

УДК 634.0.524 (674.031.632.264.2)

## О ПРОДУКТИВНОСТИ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ СМЕШЕНИЯ

**М. Ф. МОЙКО**

Аспирант

(ЛенНИИЛХ)

В работе изложены результаты исследования сравнительно одно-возрастных дубовых насаждений — 12 участков с одинаковыми условиями местопроизрастания, примерно одинаковым размещением посадочных мест ( $2 \times 0,5$  м) — с целью сравнения их продуктивности при различных схемах смешения древесных пород.

Все объекты исследования были взяты на территории пяти лесничеств Каменец-Подольского лесхоззага, в условиях свежей дубравы Д<sub>2</sub>. На всех площадях исследуемых лесокультур рельеф местности ровный. Все они ранее находились под сельскохозяйственным использованием, проба 46 — под лесопитомником. На этих участках проводили сплошную подготовку почвы, а весной 1931—1933 гг. были заложены чистыми рядами смешанные дубовые культуры различных схем смешения.

В 1963 г. на каждом из участков лесокультур, возраст которых преимущественно 30—31 год, были заложены пробные площади размером от 0,10 до 0,63 га. На них был произведен сплошной пересчет деревьев, были взяты модели для изучения хода роста, на некоторых сделаны почвенные разрезы для морфологического описания генетических горизонтов, установления их мощности и определения горизонта вскипания. На некоторых модельных деревьях дуба для определения физико-механических свойств древесины были взяты образцы на высоте груди и в местах, где начинается крона.

После обработки собранных материалов были получены данные, по которым можно судить о продуктивности дубовых насаждений различных схем смешения (табл. 1).

Из рассмотренных материалов видно, что в условиях Подолии на свежих серых лесных суглинках наиболее продуктивны дубово-еловые насаждения, относящиеся к I и Ia классам бонитета.

До 35 лет ель является хорошим спутником дуба, ускоряющим его рост в высоту и улучшающим деловые качества его стволов. Для сохранения благоприятного влияния ели необходимо систематически ее изреживать. При этом проходные рубки следует повторять через каждые 5—8 лет.

В условиях Подолии в дубово-еловых насаждениях до 10 лет дуб в большинстве случаев имеет энергию роста в высоту такую же, как ель, или даже незначительно больше, а с 10 лет (а иногда и с самого начала) ель растет быстрее дуба. В возрасте 31—34 лет ель опережает его в росте уже на 0,8—1,5 м.

Таблица 1

Показатели	Величина показателей на пробах				
	18	66	54	13	16
Лесничество . . . . .	Мукаровское		Вербец- кое	Миньковецкое	
№ кварталов . . . . .	13	13	23	23	15
Площадь участка, га . . . . .	7,9	7,9	0,40	2,8	0,80
Возраст лесонасаждения, лет . . . . .	31	31	34	30	31
Порядок смешения древесных пород	Чистыми рядами				
	Д	Е	Е	Д	Д
	Г	Г	Д	Г	Г
	Г	Г	Д	Г	Г
	Д	Д	Е	Д	Д
	Г	Г	и т. д.	и т. д.	и т. д.
	Г	Г			
	и т. д.	Е			
		и т. д.			
Направление рядов лесокультур . . . . .	З-В	З-В	С-Ю	З-В	З-В
Формула состава . . . . .	8Д2Г	4Д3Г3Е	5Д5Е	6Д4Г	7Д3Г
	ед. Б, Лп, Яс	ед. Б, Ос, Ябл	ед. Яс	ед. Бк	ед. Кл. п
Средняя высота дуба, м . . . . .	15,96	15,9	17,85	14,8	14,0
Средний диаметр на высоте груди, см	12,8	13,85	14,8	11,8	12,9
Запас сырорастающего леса на 1 га, м <sup>3</sup>	208,97	202,7	304,58	157,12	166,96
Средний прирост на 1 га, м <sup>3</sup> . . . . .	6,74	6,54	8,96	5,24	5,38
Выход деловой древесины, % . . . . .	59	69	77	66	60
Годичный прирост древесины дуба, % от общего годовичного прироста насаждения на 1 га	76,14	36,99	45,01	56,61	72,98

При проведении рубок ухода в рядах ели следует применять комбинированный метод.

В хозяйственной части лесов I группы ель обыкновенная в 81—90 лет достигает возраста рубки и ее можно вырубать полностью, тем более, что количество рядов ее значительно меньше, чем рядов дуба. С этого момента образуется чистое дубовое насаждение высокой продуктивности с полнотой 0,7—0,8, возраст рубки которого наступит в 141—150 лет.

Следует сказать, что в условиях Подолии высокой продуктивности достигают также дубово-грабовые и дубово-елово-грабовые насаждения (табл. 1, пробы 18, 66).

В связи с тем, что граб хорошо выполняет роль подгона, дуб имеет стройные, высокие, малосбежистые стволы правильной цилиндрической формы с блестящей корой темно-сероватого цвета. Повреждение черным поперечным раком не встречается.

Данные анализа хода роста средних модельных деревьев дуба и граба свидетельствуют о том, что в одновозрастных дубово-грабовых семенных насаждениях (проба 18) в большинстве случаев дуб черешчатый растет быстрее граба. В возрасте 31 год разница в их высоте достигает 3,7 м.

Примерно такую же продуктивность имеет дубово-елово-грабовое насаждение (проба 66), посаженное в сплошь подготовленную почву. Рельеф местности на этом участке ровный, с незначительным (до 5°) уклоном на восток. Стволы дуба высокие, малосбежистые. Граб в этом случае служит буфером между дубом и елью.

Данные анализа хода роста средних модельных деревьев подтверждают, что дуб черешчатый до 10-летнего возраста рос быстрее ели и

граба. В 10 лет ель обыкновенная опередила дуб и в возрасте 31 год ее высота была больше на 0,8 м.

Граб до 12 лет рос медленнее дуба, с 12 до 21 года незначительно опередил его по высоте, а затем опять отстал в росте; в возрасте 31 года это отставание составило 1,4 м.

Из данных исследования дубово-грабовых насаждений видно, что в условиях Подолии на свежих серых лесных суглинках наиболее положительные результаты по созданию ценных высокопродуктивных насаждений дают лесокультуры, в которых ряды направлены с запада на восток, так как при таком расположении ряды притеняют друг друга, что предохраняет почву от чрезмерного высушивания.

Аналогичные данные, связанные с западно-восточным направлением рядов, были получены для смешанных дубовых насаждений и других схем смешения.

Физико-механические свойства древесины дуба, выращенного в подольских дубравах, высоки (табл. 2). Они зависят не только от схем смешения пород, но и от условий местопроизрастания (плодородие, влажность почвы и климата) и т. п.

Таблица 2

Показатели	Величина показателей на пробах				
	18	66	54	13	16
Объемный вес древесины, Г/см <sup>3</sup>	0,752	0,767	0,704	0,717	0,716
	0,736	0,749	0,671	0,693	1,049
Прочность древесины при сжатии вдоль волокон, кг/см <sup>2</sup>	590,73	518,09	588,96	448,97	525,25
	476,85	544,88	484,72	505,14	327,04
Прочность древесины дуба на статический изгиб, кг/см <sup>2</sup>	1212,62	1504,09	1235,04	1241,92	1421,91
	1029,79	945,59	901,73	961,94	1335,36
Прочность на скалывание вдоль волокон, кг/см <sup>2</sup>	141,25	178,37	161,15	143,43	125,89
	142,53	155,21	156,53	151,43	142,35
Торцовая статическая твердость, кг/см <sup>2</sup>	753,06	751,17	719,91	646,68	798,42
	643,41	713,50	698,27	754,12	697,03

Примечание. В числителе — данные для образца, взятого на высоте груди; в знаменателе — у начала кроны.

Данные исследований показывают, что для получения ценных высокопродуктивных дубрав в условиях Подолии можно рекомендовать следующие схемы смешения культур: 1) дубово-еловые, чередующиеся чистыми рядами (два-три ряда дуба и один ряд ели); 2) дубово-грабовые (один ряд дуба и один-два ряда граба); 3) дубово-елово-грабовые (один ряд дуба, два — граба, один — ели, два — граба).

При создании культур необходимо выбирать западно-восточное направление рядов и проводить своевременные рубки ухода.

Поступила в редакцию  
7 сентября 1964 г.

УДК 634.0.18 (674.031.632.264.2)

**ЭЛЬДАРСКАЯ СОСНА (*Pinus eldarica* Medw.)  
(БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ)****И. С. САФАРОВ**

Старший научный сотрудник

(Институт ботаники АН Азербайджанской ССР)

Хребет Элляр-оуги, на котором произрастает эльдарская сосна, описанная в 1902 г. Я. С. Медведевым, находится в центральном Закавказье в зоне полупустынь.

В геоморфологическом отношении хребет Элляр-оуги представляет собой небольшой горный гряж, идущий с северо-запада на юго-восток, его наивысшая отметка — 710 м над уровнем моря. Южная сторона хребта очень крута, обрывиста. Северные относительно пологие (35—45°) склоны являются единственным ареалом эльдарской сосны на земном шаре. В климатическом отношении ареал сосны характеризуется большой сухостью, годовое количество осадков не превышает 130—140 мм, минимальная температура января спускается до —20°, а в июле повышается до 40° и более. Почвы маломощные, скелетные, глинистые, бедные гумусом, значительно засоленные, особенно в нижней половине хребта, где поперек склона расположены многочисленные белые полосы с выходами солей.

Большая часть поверхности склона покрыта крупными плитами Сарматского глинистого песчаника, являющегося основным субстратом для эльдарской сосны.

Там, где в результате систематической эрозии склоны обнажены до материнской породы, почвенного покрова нет.

В фитоценологическом отношении роща эльдарской сосны представляет собой сосново-можжевельное аридное редколесье с примесью различных засухоустойчивых деревьев и кустарников — дикой фисташки, груши эльдарской, барбариса, граната, жестера Палласа, эфедры, жимолости грузинской, держи-дерева, жасмина, кизильника и др.

Общая площадь сосновой рощи составляет примерно 400 га; площадь с преобладанием сосны по данным лесоустройства 1946 г. — 110 га, а по данным 1956 г. — 167 га. На остальной площади преобладают можжевельники, сосна же играет второстепенную роль. Попадают также фрагменты чистой сосны или можжевельника. Деревья сосны не образуют более или менее сомкнутого полога. Наиболее близко друг к другу они стоят в расщелинах глинистых песчаников, образуя линейные насаждения (рис. 1). Эльдарская сосна раньше была широко распространена по всему восточному Закавказью. Разные авторы отмечали ее в различных районах [8], [5], [3].

Процесс естественного возобновления сосны протекает крайне слабо и обусловлен целым рядом причин: сильной эродированностью почвы,

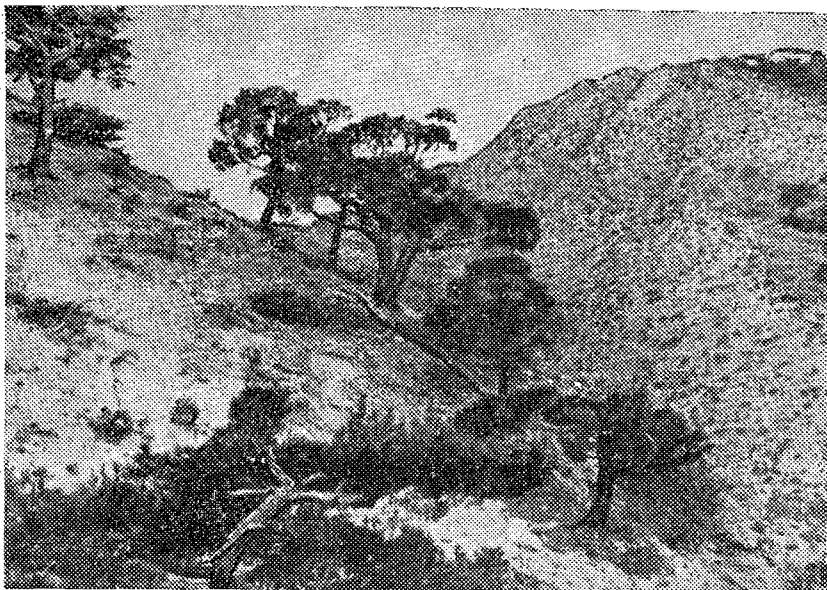


Рис. 1. Эльдарская сосна на хребте Элляр-оуги.

скатыванием семян по крутым склонам вместе с продуктами эрозии и т. д. До 1940-х годов одной из причин была также массовая заготовка шишек работниками лесного хозяйства и трестов озеленения Грузии, Азербайджана и других республик. Ввиду сильной пересеченности местности и связанными с этим трудностями, сбор шишек производили путем обломки ветвей, иногда и целых деревьев, на которых, наряду со зрелыми, уничтожалось также много молодых шишек. Большой вред роще нанесли самовольные порубки и пастьба скота. В настоящее время роща эльдарской сосны объявлена заповедником, в ней запрещена пастьба скота, а семена в большом количестве заготавливают уже в парках, садах и т. д.

По нашим данным [6], [7], естественное возобновление представлено подростом до 10 лет в количестве от 60 до 2000 шт. на 1 га, а по данным А. И. Колесникова и Г. А. Агаева [4] — от 20 до 132 шт. в возрасте до 15 лет. Наиболее характерно для всей рощи возобновление в количестве 150 — 200 шт. на 1 га в возрасте до 10 лет. На отдельных пологих участках в гребневой части хребта насчитывают до 4400 шт. на 1 га. Однако такие участки встречаются очень редко и не характеризуют естественное возобновление на всей площади, которое практически отсутствует.

По эльдарской сосне опубликован ряд работ ботанического, ботанико-географического и лесоводственного характера. Однако детальных исследований по биологии и экологии этой сосны до сих пор не было. Исходя из этого, в различных районах культивирования эльдарской сосны и на ее родине мы изучали биоэкологические особенности этой древнетретичной породы.

Трудные природные условия хребта Элляр-оуги, к которым приспособилась эльдарская сосна в борьбе за существование, сделали ее очень неприхотливой к почвенно-климатическим условиям. У нее выработались такие полезные свойства, как засухоустойчивость, жаростойкость, солевыносливость, ветростойкость, которые делают ее незамени-

мой для широкого разведения в сухих, жарких районах юга страны, где другие виды сосен не выдерживают знойного климата. Эльдарская сосна обладает также очень полезными биологическими особенностями. Например, в крайне засушливых районах ее охвоение начинается непосредственно у корневой шейки, что способствует более или менее длительному сохранению влаги в почве. Характерно также развитие корневой системы эльдарской сосны на хребте Элляр-оуги и на Апшероне, где подстилающей породой являются каменные плиты или скалы. В этих условиях она сильно развивает горизонтальную корневую систему, образует мочковатые корни, а на мощных глубоких почвах Мильской и Муганской степей образует глубоко идущие стержневые корни.

До последнего времени считали, что эльдарская сосна — очень медленно растущая порода, так как на хребте Элляр-оуги в возрасте 200—250 лет она едва достигает 15—16 м в высоту и 40—60 см по диаметру. Однако, как показали наши наблюдения, такой медленный рост не является закономерным для эльдарской сосны и обусловлен только природными условиями хребта Элляр-оуги.

Как было установлено при обследовании культуры, эта порода обладает большими потенциальными возможностями роста и развития. В культуре по скорости роста эльдарская сосна не имеет себе равных. В благоприятных условиях в возрасте 25—30 лет она достигает высоты 20—25 м. Особенно интенсивно она растет до 10 лет, когда годовой прирост составляет 1—1,5 м и более. После начала плодоношения, которое обычно наступает в возрасте 8—10 лет, темп роста несколько замедляется, к возрасту 18—20 лет, когда сосна обильно плодоносит, рост и развитие ее выравнивается, цикличность роста при этом сохраняется.

Как показали наши массовые измерения (Муганская опытная станция, 5-летняя культура, выращенная на аллювиальных почвах при орошении), 13 сосен из 100 дали по четыре прироста в год (всего 105—135 см); 60 сосен — по пять приростов (136—180 см); 27 — по шесть (181—195 см).

Массовые измерения в Карабахской степи показали, что при четырех приростах в год высота сосны увеличивается на 110—130 см, а при пяти — на 150 см. На бедных маломощных почвах Апшерона все 50 измеренных пятилетних сосен дали по четыре прироста в год (30—67 см). Подобный рост имеет закономерный наследственный характер.

В. З. Гулисашвили [2] отмечает, что в условиях Тбилиси эльдарская сосна также дает три-четыре прироста в год, а в другой работе [1] он сообщает, что эта порода имеет самый большой период вегетации — 173 дня.

Помимо прочих экологических условий, одним из решающих факторов, обуславливающих цикличность роста и развития эльдарской сосны, является продолжительность вегетационного периода, среднегодовая сумма температур, дата первых и последних заморозков и т. д. (табл. 1).

Таблица 1

Ритм роста пятилетней эльдарской сосны в зависимости от температурных условий

Название районов	Среднегодовая температура, °С	Продолжительность вегетационного периода, дн.	Количество приростов сосны за год
Муганская степь (Джафархан) . . . . .	14,6	213	4—6
Карабахская степь (Барда) . . . . .	13,9	208	4—5
Шемаха . . . . .	11,2	194	2—3
Куба . . . . .	9,7	185	1



Как видно из данных таблицы, по мере уменьшения среднегодовой температуры и сокращения продолжительности вегетации количество приростов эльдарской сосны уменьшается.

Для эльдарской сосны наиболее опасны последние заморозки, повторяющиеся во время набухания генеративных органов — примерно с 1 до 16—17 апреля. Например, в Кубе, где заморозки продолжаются до 17 апреля, эльдарская сосна не плодоносит, дает только один небольшой прирост или совсем вымерзает.

Как показали наши наблюдения, в различных экологических условиях разведения эльдарская сосна плохо переносит более или менее глубокое промерзание почвы. Она предпочитает почвы прогреваемых участков, с хорошей водопроницаемостью, особенно хорошо растет на легких структурных аллювиальных почвах, лучше переносит временную сухость почв, чем ее переувлажнение, не выносит чрезмерного полива, очень требовательна к аэрации почвы. В целом рост эльдарской сосны больше зависит от водно-физических свойств почвы, чем от ее химического состава. Все это говорит о том, что эльдарская сосна незаменима для облесения засушливых степей Закавказья, Средней Азии и других районов страны с сухим субтропическим климатом. Как в культуре, так и на хребте Элляр-оуги эльдарская сосна обильно плодоносит. Однако в культуре плодоношение намного интенсивнее, чем в природных условиях. Так, например, на хребте Элляр-оуги количество шишек не превышает 200—300 шт. на одном дереве, в культурах же на Апшеронском полуострове (в Мардакянах) на отдельных экземплярах мы насчитали до 800—1000 шт.

Эльдарской сосне свойственно образование больших скоплений шишек (рис. 2), в которых бывает по 15—30 шт. и больше.

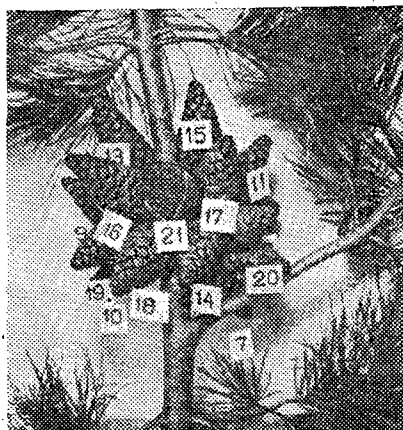


Рис. 2. Скопление шишек на эльдарской сосне (Апшерон).

Эльдарская сосна имеет в пучке две хвоинки, однако в культуре во многих случаях у молодых экземпляров встречаются треххвойные пучки. Значительно реже наблюдается тройчатость хвои у взрослых (плодоносящих) экземпляров. Хвоя на весенне-летних побегах имеет длину от 12—14 до 15—17 см, а в треххвойных пучках поздних побегов — от

2,5—3 до 6 см. Учитывая, что поздние хвоинки образуют густую сетку вокруг ростовых почек и защищают их от низких температур, можно предполагать, что указанное явление носит характер приспособления к современным условиям внешней среды. Это явление также имеет закономерный характер.

В настоящее время эльдарская сосна занимает ведущее место в зеленом строительстве городов Азербайджана, Восточной Грузии, Туркмении, Таджикистана и др. За последнее время семена этой сосны импортируют во Францию для культивирования в засушливых районах.

Учитывая биологические особенности эльдарской сосны, делающие ее незаменимой в районах сухих субтропиков, нужно широко и повсеместно использовать ее при массовом и защитном лесоразведении, создавать леса промышленного значения в безлесных степных районах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. З. Гулисахвили. Периодичность и ритм роста средиземноморских сосен как признак родственной связи их между собой. ДАН СССР, № 9, 1947. [2]. В. З. Гулисахвили. Противоречивые особенности в наследственности реликтовых древесных пород и их значение для развития растительных организмов. Известия АН СССР, серия биологическая № 3, 1958. [3]. Н. Н. Кецохвели. Заповедник эльдарской сосны — заповедники и памятники природы Грузинской ССР, вып. 1, 1937. [4]. А. И. Колесников, Г. А. Агаев. Условия произрастания и естественное возобновление эльдарской сосны на ее родине. Труды АБЛЮС, т. 1, 1961. [5]. Л. И. Прилипко. Лесная растительность Азербайджана. Баку, 1954. [6]. И. С. Сафаров. Эльдарская сосна — порода сухих субтропиков. Баку, 1955. [7]. И. С. Сафаров. Важнейшие третичные реликты Азербайджана. Баку, 1962. [8]. А. А. Яценко-Хмельевский, Г. В. Канделаки. Эльдарская сосна в окрестностях г. Гянджи в XII веке. Сообщения АН Грузинской ССР № 6, 1941.

Поступила в редакцию  
28 июня 1963 г.

УДК 634.0.521.1 (674.031.623.234.4)

## СТРОЕНИЕ ПО ДИАМЕТРУ БАШКИРСКИХ ОСОКОРНИКОВ

**И. И. ЛЕВИЦКИЙ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Башкирская ЛОС)

Изучение сложного вопроса строения осокорников по диаметру должно идти как по пути накопления исследовательских материалов, характеризующих различные по возрасту и форме насаждения, так и по выявлению связи строения древостоя с отдельными таксационными элементами. Поэтому мы решили привести некоторые результаты наших исследований.

Осокорники Башкирии по происхождению — семенные, по составу — чистые. По условиям местопроизрастания здесь выделяются два типа осокорников: низинный и по гривам. Местами встречается третий тип леса — узколенточный береговой осокорник, но площадь его незначительна.

Низинные осокорники занимают низины и отделяются от русла реки береговыми валами (гривами). В половодье низинные осокорники заливаются весенними водами, которые из отлагаемых ими иловато-песчаных частиц формируют рыхлые богатые почвы. Поэтому низинный осокорник по запасу древостоя — самый высокопроизводительный тип леса. Гривовый осокорник находится в худших почвенно-грунтовых условиях — реже заливается весенними водами и на более короткий срок, содержит меньше плодородных илистых частиц в почве. Поэтому этот тип леса менее производителен, чем низинный.

Энергия роста башкирских осокорников очень высока, поэтому производительность их не укладывается в бонитетную шкалу М. М. Орлова. Древостои относятся даже к 1е классу бонитета, что резко отличает осокорь от всех других отечественных пород.

Для составления таблиц хода роста научные сотрудники Башкирской ЛОС И. В. Шаховкин, Ю. Ф. Косоуров и автор статьи заложили 25 пробных площадей в наиболее полных осокорниках разного возраста (6, 12, 24, 33, 38, 45, 49, 54, 60, 65, 70 и 87 лет) в Ангасякском опытном, Уфимском горном, Стерлитамакском, Красноусольском и Красноключевском лесхозах. На некоторых пробах древостои имели одинаковый диаметр, поэтому для построения таблиц были использованы данные 13 пробных площадей.

Размер пробных площадей от 0,1 до 1 га. В древостоях со средними диаметрами до 18 см произведен пересчет по двухсантиметровым ступеням толщины, в древостоях со средними диаметрами 20 см и выше — по четырехсантиметровым ступеням. Для изучения закономерности распределения деревьев по толщине взят пересчет деревьев на 13 пробных площадях в осокорниках низинном и гривовом. Средние диаметры насаждений этих пробных площадей колеблются от 17,9 до 78,4 см.

Общий характер распределения деревьев в насаждении выявляется по ступеням, выраженным в долях среднего диаметра, принятого за единицу. Распределение деревьев по относительным ступеням толщины имеет определенное преимущество. Оно является общим для всех насаждений, позволяет перейти к ступеням, измеряемым в любых мерах. Замена ступеней, выраженных в сантиметрах, относительными значениями дала возможность сравнивать и выявлять общий характер перераспределения деревьев в насаждениях разных средних диаметров.

В строении их наблюдаются общие черты: в ступенях толщины, составляющих одинаковые доли среднего диаметра, процент числа деревьев оказывается близким. В табл. 1 дано распределение 1000 стволов по относительным ступеням толщины.

Таблица 1

Относительные ступени толщины	Распределение 1000 стволов по относительным ступеням толщины в древостоях, различающихся величиной среднего диаметра (см)													Среднее распределение	
	17,9	21,3	26,7	29,6	35,6	40,6	43,6	46,5	55,2	55,5	58,3	61,7	78,4	вычисленное	выравненное
0,5	20	100	—	—	70	60	—	10	115	70	60	—	—	39	30
0,6	70	70	75	90	85	30	90	35	100	55	60	15	—	60	80
0,7	120	120	140	140	105	135	135	75	95	75	105	60	100	108	100
0,8	155	130	145	135	125	165	140	125	105	110	125	115	190	136	130
0,9	150	110	155	135	130	160	145	200	100	155	125	210	185	151	150
1,0	145	120	155	150	130	140	140	225	110	160	150	250	200	159	160
1,1	115	100	145	130	105	100	130	135	90	115	120	150	180	124	130
1,2	95	80	75	105	90	70	85	105	85	95	105	115	75	91	90
1,3	55	50	40	50	70	40	70	40	65	85	75	45	30	55	50
1,4	25	45	35	45	50	30	40	30	55	50	40	20	20	37	40
1,5	20	30	15	10	15	30	25	20	40	20	20	15	20	21	20
1,6	15	25	15	10	20	15	—	—	20	10	15	5	—	12	10
1,7	15	13	5	—	5	15	—	—	20	—	—	—	—	6	9
1,8	—	7	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Ранг среднего дерева, %	57,9	61,0	59,3	57,5	58,0	62,0	58,0	56,8	57,0	55,5	55,0	52,5	57,5	57,4	7,0

Оказалось, что выравненное распределение стволов чистых одновозрастных осокоревых насаждений по относительным ступеням толщины не отличается от аналогичных данных, полученных ранее рядом исследователей для других пород.

Наши данные практически близки к данным А. В. Тюрина, что видно из табл. 2.

Таблица 2

Данные	Распределение числа деревьев (%) по ступеням толщины														
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
А. В. Тюрина	0,7	3,5	9,5	16,1	18,4	18,1	13,1	8,9	6,3	3,3	1,5	0,5	0,1	—	
Наши	3,0	8,0	10,0	13,0	15,0	16,0	13,0	9,0	5,0	4,0	2,0	1,0	0,9	0,1	

Не меньший научный и практический интерес представляет табл. 3, в которой дано распределение 1000 стволов по конкретным ступеням

Таблица 3

Конкретные ступени толщины	* Распределение 1000 стволов по конкретным ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра древостоя осокорников (см)												
	17,9	21,3	26,7	29,6	35,6	40,6	43,6	46,5	55,2	55,5	58,3	61,7	78,4
8	26	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	219	118	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	370	243	88	31	50	—	—	—	6	—	—	—	—
20	238	208	224	181	76	29	—	—	25	16	—	—	—
24	111	170	230	194	101	65	37	7	51	23	—	—	—
28	26	122	215	194	139	130	56	29	31	8	—	—	—
32	10	55	115	150	164	144	166	73	70	55	61	—	—
36	—	29	81	144	140	194	130	110	70	77	76	7	—
40	—	—	40	63	76	86	130	139	83	39	15	—	—
44	—	—	7	31	140	130	148	160	70	55	15	53	—
48	—	—	—	12	50	65	111	190	57	147	181	106	—
52	—	—	—	—	38	43	19	117	63	100	152	125	26
56	—	—	—	—	13	36	92	88	114	108	172	197	53
60	—	—	—	—	13	36	92	36	83	93	30	92	105
64	—	—	—	—	—	14	19	44	38	62	46	118	79
68	—	—	—	—	—	14	—	7	57	62	76	86	53
72	—	—	—	—	—	14	—	—	31	77	106	92	132
76	—	—	—	—	—	—	—	—	57	31	45	79	79
80	—	—	—	—	—	—	—	—	32	31	45	6	105
84	—	—	—	—	—	—	—	—	25	8	15	7	132
88	—	—	—	—	—	—	—	—	26	—	—	20	79
92	—	—	—	—	—	—	—	—	6	8	15	6	79
96	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	6	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26
108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26

толщины в зависимости от среднего диаметра осокоревых насаждений. Изучение вопроса строения насаждений по диаметру, кроме научного, имеет также практическое значение. В современных условиях закономерное распределение деревьев по толщине является основой учета древесных запасов и должно быть широко использовано при расчленении древостоев на составные части, а также в промышленной таксации.

Поступила в редакцию  
24 апреля 1963 г.

УДК 634.0.232.5 (674.03.623.234.9)

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОПОЛЕВЫХ  
КУЛЬТУР В ПОЛЕСЬЕ И ЛЕСОСТЕПИ УССР****Н. И. ОНИСЬКИВ**

Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

**В. Ф. БЕЛОКОНЬ**

Старший лаборант

(Боярская ЛОС)

Главной задачей лесоводов Украины в текущем семилетии является создание лесосырьевой базы из насаждений быстрорастущих пород. Эти насаждения в возрасте 25—30 лет должны иметь запас древесины не менее 300—400 м<sup>3</sup> на 1 га. Основной породой для выращивания таких насаждений является тополь. В условиях Полесья и лесостепи мы встречали тополевые насаждения, средний годичный прирост которых равнялся 16 и даже 20 м<sup>3</sup> древесины на 1 га.

Тополя хорошо растут и достигают высокой продуктивности на богатых дренированных карбонатных легкосуглинистых и суглинистых почвах с достаточной увлажненностью (но незаболоченные) в пониженных местах, в устьях и тальвегах балок и поймах малых и больших рек.

В последние годы в культуры внедряют новые, отобранные к испытанию и размножению гибридные формы тополей. Мы в течение четырех лет (1960—1963 гг.) вели наблюдения за ростом тополевых культур, заложенных с целью выявления наиболее перспективных видов и сортов для Полесья УССР.

Коллекционные культуры были созданы весной 1960 г. в Станишевском лесничестве Житомирского лесхозага посадкой стеблевых черенков по сплошь обработанной почве (на глубину 28—30 см), с размещением посадочных мест 2 × 2 м. Почва участка дерново-среднеподзолистая супесчаная влажная (рН верхнего горизонта 5,7, количество гумуса 1,8%), тип условий местопроизрастания—влажная сложная суборь (С<sub>3</sub>).

Четырехлетние данные исследования приживаемости и роста тополей показали, что наиболее перспективными (хотя при таком сроке исследований о перспективности судить еще рано) видами и гибридами в районе Полесья УССР являются китайский, белый, ивантеевский, подмосковный, канадский, бальзамический, красонервный, осокорь.

Средний годичный прирост по высоте четырехлетних культур этих видов и гибридов достигает 115—140 см, тогда как у таких гибридов, как мичуринец, черный пирамидальный × осокорь, он равен соответственно 82—89 см.

Несмотря на то, что 1963 год был очень сухим (усыхали даже спелые насаждения граба, березы), средний прирост тополя ивантеевского равнялся 140 см, китайского — 125 см, белого — 123 см, красонервного и канадского × бальзамического — 121 см.

В районе исследований встречаются молодые тополевые культуры, которые произрастают преимущественно в суборях и судубравах и отличаются заметно притупленным ростом в высоту, в большинстве случаев из-за применения несоответствующей агротехники возделывания культур. Такие культуры можно «лечить» путем внесения в междурядья минеральных удобрений. С этой целью мы заложили опыты на дерново-подзолистой почве в Хотовском лесничестве Боярского лесхоза на площади 1 га, где в течение двух лет вносили разные удобрения.

Почва участка дерново-подзолистая, влажная, супесчаная, слегка оглеенная. Физико-химический анализ верхнего слоя показал, что рН водной вытяжки равняется 4,55, гидrolитическая кислотность — 4,22 м-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований — 0,60 м-экв. на 100 г почвы, гумус — 1,36%. Морфологические признаки данной почвы характеризует следующий разрез:

$H_0$	0—4 см	лесная подстилка.
$HE$	4—19 »	светло-серая рыхлая влажная супесь. Переход к $E_g$ резкий.
	19—23 »	белый мелкозернистый песок, местами с темно-коричневыми пятнами. Переход к $I_g$ резкий.
$I_g$	23—43 »	серый с темно-бурыми пятнами органических частичек и железа; встречаются корни древесных пород.
$P_{I_g}$	43—64 »	беловатый раскислый песок с редкими сизыми пятнами закиси железа. Переход к $P_{g_2}$ резкий.
$P_{g_2}$	64—150 »	беловатый рыхлый мокрый песок.

В сплошь вспаханную тракторным плугом на глубину 28—30 см почву под меч Колесова сажали сеянцы тополя черного и ольхи черной с размещением  $2,5 \times 2,5$  м — 1,6 тыс. шт. на 1 га. Смешение: три ряда тополя черного, — один ряд ольхи черной. Посадку производили 10 апреля 1962 г., удобрения вносили 20 июня 1962 г. и 6 июня 1963 г. Участок культур был разбит на одиннадцать равных частей. На каждой такой делянке (варианте) в междурядьях вручную рассыпали минеральные удобрения. В качестве удобрений применяли гранулированный суперфосфат (из расчета 20 кг  $P_2O_5$  на 1 га), аммиачную селитру (35 кг N на 1 га), калийную соль (30 кг  $K_2O$  на 1 га) и едкую (обожженную) известь (2 T на 1 га). В один из вариантов опыта 20 июня 1962 г. внесен навоз (8 T на 1 га).

Особенно большое воздействие на рост осокоря оказывают фосфорные удобрения. Во всех вариантах, где вносили гранулированный суперфосфат, рост по высоте и диаметру у корневой шейки саженцев был значительно больше, чем в контроле. Так, например, в варианте, где вносили только суперфосфат, высота саженцев осокоря была больше, чем в контроле, в первый год на 72% и во второй год на 118%. Большой высотой отличались саженцы в вариантах, где вносили полное минеральное удобрение (NPK) и особенно в тех вариантах, где к нему добавляли известь. Например, на делянке, где вносили полное минеральное удобрение, высота саженцев тополя была большей, чем у контрольных, в первый год на 56% и во второй год на 113%, а на делянках, где добавляли известь, — соответственно на 58 и 122%.

Известь улучшает физические свойства и устраняет избыточную кислотность почвы, вредную для тополей, а также повышает эффективность минеральных удобрений. Высота осокоря в варианте, где вносили одну известь, была больше, чем в контроле, на 56% в первый год и на 92% во второй. Однако следует помнить, что применение удобрений — это лишь часть агротехнического комплекса.

УДК 634.0.181.3 (674.032.16)

**ВЛИЯНИЕ ПОДТОПЛЕНИЯ НА РОСТ И СОСТОЯНИЕ СОСНЫ  
В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА \*****В. А. РАХОВ**

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

Строительство крупнейших гидроэлектростанций в нашей стране вызвало необходимость изучения влияния повышенного уровня грунтовых вод на рост и состояние леса в береговой зоне создания водохранилищ. Изменение гидрологического режима береговой зоны в значительной степени влияет на рост и состояние прибрежных лесов. Незначительный подъем уровня грунтовых вод может повышать продуктивность насаждений, а при длительном и сильном подтоплении происходит усыхание древостоев.

Отрицательное влияние длительного подтопления на жизнеспособность насаждений усугубляется появлением очагов вредных насекомых \*\*. В этой связи интересно и практически важно изучить влияние подпора вод на изменение водно-физических свойств почв и на рост и состояние прибрежных насаждений.

Для изучения реакции древесных пород на подтопление были подобраны пробные площади в Куйбышевском лесхозе Татарской АССР, которые заложены в сосновом бору Волжско-Камской поймы. В связи с созданием Волжской ГЭС им. В. И. Ленина и затоплением поймы в 1957 г. этот сосновый бор стал островом. Наблюдения проводили в 1963 г. на двух пробных площадях в квартале 134 Алексеевского лесничества (пробная площадь № 2 не подтапливалась и служила контролем).

Размер пробной площади № 1 — 0,42 га; состав насаждения — 10 С, класс возраста — II; полнота — 0,8; класс бонитета — I; почва — дерново-слабоподзолистая песчаная на аллювиальных песчаных отложениях.

Пробная площадь разделена на три секции в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, созданных подпором водохранилища.

Наши данные об уровне грунтовых вод, замеренных по смотровым скважинам, приведены в табл. 1.

Приведенные цифры показывают, что корневая система сосны на первой и второй секциях длительное время была подтоплена.

Повышенная влажность не могла не отразиться на водно-физических свойствах почвы. Взятые 10 сентября 80 почвенных образцов впоследствии анализировали в лесобиологической лаборатории лесхоза

\* Работа выполнена под руководством проф., доктора биологических наук И. С. Аверкиева при консультации проф. В. Н. Смирнова и проф. М. Л. Дворецкого.

\*\* И. С. Аверкиев, Л. В. Окунев. К вопросу о влиянии подтопления и затопления на санитарное состояние насаждений в береговой зоне Куйбышевского водохранилища. Сборник трудов ПЛТИ, № 55, 1961.



Таблица 2

Почвенные горизонты	Глубина, см	Объемный вес, Г/см <sup>3</sup>	Удельный вес, Г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Скважность, %	Воздухосодержание (аэрация), %	Водовместимость, %	Относительная влажность, %	Влажность, мм	Запас воды, м <sup>3</sup> /га	
С е к ц и я 1											
A <sub>1</sub>	3-7	1,30	2,65	6,18	50,90	42,86	19,20	32,20	6,55	65,5	
A <sub>2</sub> B	7-25	1,35	2,68	5,21	49,65	42,62	18,50	28,10	25,08	250,8	
B	25-90	1,47	2,73	9,97	46,20	31,51	16,90	58,91	177,20	1772,0	
C	90-180	1,61	2,66	17,41	39,50	11,49	14,82	117,20	417,00	4170,0	
									Итого . . .	625,83	6258,3
С е к ц и я 2											
A <sub>1</sub>	3-7	1,13	2,59	8,64	56,40	46,64	21,79	39,70	8,96	89,6	
A <sub>2</sub> B	7-25	1,27	2,68	6,88	52,60	43,86	19,62	35,10	33,20	332,0	
B	25-90	1,40	2,74	7,73	48,90	38,01	17,82	43,30	137,90	1379,0	
C	90-180	1,57	2,74	14,00	42,70	20,70	15,59	89,80	344,0	3442,0	
									Итого . . .	524,26	5242,6
С е к ц и я 3											
A <sub>1</sub>	3-7	1,15	2,56	7,85	55,10	46,06	21,50	36,50	8,05	80,5	
A <sub>2</sub> B	7-25	1,24	2,67	6,24	53,65	45,92	20,20	31,10	30,00	300,0	
B	25-109	1,39	2,70	8,19	48,60	37,20	18,00	45,40	185,20	1852,0	
C	109-180	1,45	2,71	12,15	46,55	28,95	17,20	70,60	234,00	2340,0	
									Итого . . . .	457,25	4572,5
К о н т р о л ь											
A <sub>1</sub>	3-6	1,15	2,60	8,21	55,80	46,33	21,42	38,30	6,41	64,1	
A <sub>2</sub> B	6-14	1,22	2,67	6,22	54,31	46,74	20,31	30,50	13,28	132,8	
B	14-109	1,41	2,72	4,31	48,20	41,60	17,70	24,31	111,30	1113,0	
C	109-180	1,50	2,74	6,01	45,21	36,20	16,51	36,41	116,91	1169,1	
									Итого . . . . .	247,90	2479,0

Влияние подполивки на рост и состояние соевых

Таблица 1

Даты наблюдений в 1963 г.	Уровень грунтовых вод (см) на секциях пробной площади № 1		
	первой	второй	третьей
1/V	Залито водой		0
20/V	10	30	86
10/VI	87	104	158
1/VII	60	116	151
20/VII	90	166	201
10/VIII	107	183	218
1/IX	115	190	226
10/IX	130	205	240

ственного факультета. Объемный вес определяли в трехкратной, удельный — двухкратной повторности для каждого горизонта. Результаты исследований дерново-слабоподзолистых песчаных почв на аллювиальных песчаных отложениях помещены в табл. 2.

Как видно из этой таблицы, с глубиной объемный и удельный веса почвы увеличиваются, а скважность и воздухопроницаемость (аэрация) уменьшаются. Полная влагоемкость (или точнее водовместимость) соответствует количеству влаги, заполняющей почти все поры почвы, что наблюдается ниже уровня грунтовых вод или непосредственно над ним.

При этом практически всегда 5—8% объема почвы (а иногда и больше) оказывается занятой заземленным воздухом. Содержание воздуха в почве колеблется в зависимости от степени ее увлажнения.

Результаты влияния водно-физических свойств почв на изменение текущего периодического прироста приведены в табл. 3.

% секции	Количество деревьев на секции	n	Текущий периодический прирост по радиусу (мм)											
			до подтопления					при подтоплении						
			первый период (за 1954—1956 гг.)					второй период (за 1958—1960 гг.)				третий период		
			M	±σ	±m	V, %	P, %	M	±σ	±m	V, %	P, %	M	±σ
П р о б н а я														
1	89	87	4,4	2,26	0,22	51,4	5,0	3,4	1,89	0,20	55,6	5,9	3,0	1,64
2	101	96	5,9	3,50	0,35	59,3	5,9	4,9	2,73	0,28	55,7	5,7	4,5	1,91
3	93	72	7,1	3,24	0,38	45,4	5,3	7,4	3,34	0,39	46,4	5,2	7,4	3,34
П р о б н а я														
—	99	94	6,3	2,18	0,22	34,6	3,5	6,0	2,23	0,23	37,2	3,8	5,9	2,24

Примечание: n — число наблюдений; M — среднее значение признака; V — коэффициент изменчивости; P — показатель точности наблюдений; md — до-

Измерение текущего периодического прироста по радиусу ствола производили при помощи микроскопа МБС-1 по трехлетним периодам.

Чтобы исключить влияние первого года подтопления на результаты статистической обработки последующих периодов, ширину годичных слоев за 1957 г. не измеряли. Общее количество измеренных годичных слоев n равно 1047.

Из сказанного ясно, что изменения водно-физических свойств почв в связи с поднятием и периодическим колебанием уровня грунтовых вод, вызванными подпором водохранилища, повлияли на рост и состояние сосновых насаждений.

Так, на первой секции по учету 1963 г. было 80,2%, а на второй — 41,3% усохших и усыхающих сосновых деревьев. Часть из них, под влиянием физиологического угнетения, подверглась нападению таких видов стволовых вредителей, как стенограф (*Ips sexdentatus* Воегт.), большой сосновый лубоед (*Blastophagus piniperda* L.), малый сосновый лубоед (*Blastophagus minor* Hart.), вершинный корбед (*Ips acuminatus* Eichh.).

Таким образом, наблюдения показали, что сильное и продолжительное подтопление сосновых насаждений в береговой зоне Куйбышевского водохранилища является важным фактором, ослабляющим жизнедеятельность насаждений и приводящим их к усыханию.

Насаждения в таких условиях обычно испытывают двойное влияние: 1) от близкого залегания уровня грунтовых вод и 2) от наличия подкоревой фауны как следствия подтопления.

Такие насаждения превращаются в действующие очаги стволовых вредителей, которые при массовом размножении вызывают гибель также и прилегающих насаждений, ослабленных подтоплением.

Проведенная работа позволяет сделать следующие рекомендации.

1. В подтопляемых насаждениях необходимо установить тщательный надзор за санитарным состоянием и проводить соответствующие лесозащитные мероприятия (выборку деревьев, заселенных стволовыми вредителями, выкладку ловчих деревьев и т. д.).

2. В усохших и усыхающих насаждениях в целях локализации и ликвидации очагов стволовых вредителей следует проводить сплошную санитарную рубку.

Таблица 3

за три года			Изменение секционных средних, % от контроля			Относительное изменение прироста под влиянием подтопления по периодам, %			Достоверность различия между средними разных секций и контролем			Достоверность влияния подтопления за семилетний период	
нии													
(за 1961—1963 гг.)			1954—1956 гг.	1958—1960 гг.	1961—1963 гг.	1954—1956 гг.	1958—1960 гг.	1961—1963 гг.	1954—1956 гг.	1958—1960 гг.	1961—1963 гг.	1958—1960 гг.	1961—1963 гг.
$\pm m$	V, %	P, %											

п л о щ а д ь № 1

0,17	54,7	5,6	30,2	43,4	49,1	100,0	22,8	31,8	6,3	8,6	10,3	3,5	4,5
0,19	42,5	4,2	6,3	18,3	23,7	100,0	17,0	23,8	1,0	3,0	4,6	2,2	3,9
0,39	45,1	5,2	12,7	23,3	25,4	100,0	6,2	4,2	1,9	3,1	3,3	0,5	0,5

п л о щ а д ь № 2 (к о н т р о л ь)

0,23	38,0	3,9	100,0	100,0	100,0	100,0	4,7	6,3	—	—	—	0,9	1,2
------	------	-----	-------	-------	-------	-------	-----	-----	---	---	---	-----	-----

$\pm \sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $\pm m$  — основная ошибка среднего; достоверность различия между двумя рядами наблюдений,  $md = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$

3. На таких участках необходимо проводить реконструкцию прибрежной части насаждений, вводя в ассортимент стойкие к затоплению породы, что позволит улучшить защитно-водоохранные свойства береговых насаждений Куйбышевского водохранилища.

УДК 593.726 (595.768.11)

**О ДОБЫВАНИИ ДЯТЛАМИ ЛИЧИНОК МАЛОГО ОСИНОВОГО СКРИПУНА**

**А. К. МИНЯЙЛО**

Аспирант

(Брянский технологический институт)

У малого осинового скрипуна (*Saperda populnea* L.) — опасного вредителя молодых тополей и осины — много естественных врагов. Добывание его личинок дятлами отмечали неоднократно [1], [2], [3], [4], [5]. Однако по указанным работам нельзя подробно судить о практическом значении дятлов в снижении численности этого вредителя.

В 1963—1964 гг. мы учли результаты работы дятлов по добыванию скрипуна в культурах тополей 3—7 лет в двух лесничествах Мринского лесхоззага Черниговской области (табл. 1).

Таблица 1

Лесничество, № квартала; № учетного участка	Количество деревьев на учетном участке			Количество галлов второго года с личинками скрипуна на деревьях		Процент раздолб- ленных галлов
	всего	с галлами, заселенными личин- ками второго года развития		в октябре 1963 г.	в мае 1964 г.	
		в октябре 1963 г.	в мае 1964 г.			
Олишевское;						
18; 1	100	19	2	25	3	88,0
20; 2	200	139	24	342	29	91,5
21; 3	200	130	22	315	34	89,2
25; 4	100	12	3	18	5	72,2
Дроздовское;						
23; 5	86	28	5	37	2	94,5
23; 6	102	17	4	19	5	73,6

Дятлы расклевывали галлы с личинками, которые весной должны были окуклиться. Следы клюва дятла мы видели и на галлах с молодыми личинками, но среди большого числа осмотренных не было ни одного раздолбленного. В период до 15 октября не удалось найти ни одного раздолбленного галла; очевидно, дятлы добывают личинки скрипуна только зимой. Несмотря на то, что заселенность культур скрипуном на отдельных участках сильно колебалась (от 12,0 до 69,5%), количество раздолбленных галлов повсюду было на высоком уровне (от 72,2 до 94,5%). Большинство уцелевших галлов находилось в нижней части стволиков тополей, на высоте до 25—30 см от земли; зимой они были скрыты под слоем снега. Вскрывая галлы, дятлы добывали также гусениц малой тополевой стеклянницы (*Paranthrene tabaniformis* Rtt.).

В местах исследований наиболее часто встречается большой пестрый дятел (*Dendrocopus major* L.), реже — малый пестрый дятел

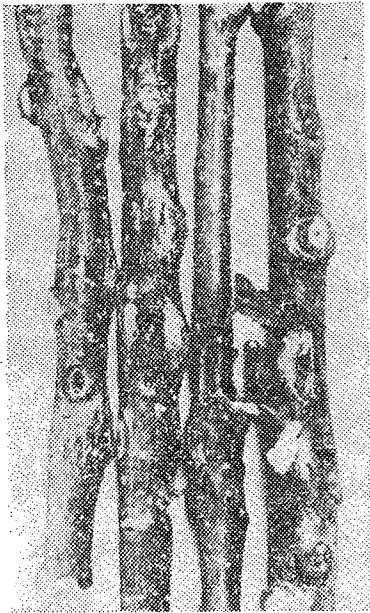


Рис. 1.

(*Dendrocopus minor* L.). Несмотря на это, основная масса личинок была добыта последним. Работа большого дятла была отмечена лишь на участках 2 и 6 в Олишевском лесничестве. Это объясняется, очевидно, тем, что он не может удерживаться и долбить на тонких ветвях, где находится основная масса поселений малого скрипуна. Большой пестрый дятел обычно выдалбливает личинок из стволиков и наиболее толстых веток.

Работу дятлов легко отличить. Малый дятел продалбливает небольшие отверстия с более или менее ровными краями, а большой — более крупные, обычно с рваными краями, торчащими щепками (рис. 1).

Размеры отверстий, проделываемых дятлами в ветках и стволиках тополей при добывании личинок малого осинового скрипуна, даны в табл. 2.

При взрезывании 115 раздолбленных ходов было установлено, что в 3,4% галлов дятлами продолблено по два отверстия, причем одно из них обычно бывало не вполне завершеным. Скорее всего, по какой-то причине дятлы бросали работу, а возвращаясь, начинали долбить в новом месте. Половина (50,5%) всех личинок была добыта через отверстия, проделанные посредине личиночного хода, 27,4% — через подготовленные личинками летные отверстия, 16,6% — через отверстия, пробитые в верхнем, а 5,5% — в нижнем конце хода.

Таблица 2

Размеры отверстий, мм	Малый пестрый дятел	Большой пестрый дятел
Длина наибольшая	14,0	37,0
	7,0	11,0
	5,0	11,0
наименьшая	2,5	5,5
	8,6	24,0
средняя	3,9	8,2
	10,0	25,0
Ширина наибольшая	4,0	3,5
	3,0	7,0
	1,5	2,0
наименьшая	6,5	3,0
	16,0	2,7

Отверстия, проделываемые дятлами, особенно большим пестрым, представляют определенную опасность для тополей. Так, на участке 3 было сломано 3,5% вершинок, на которых галлы раздолблены дятла-

ми. Кроме того, в поранения могут проникать возбудители различных заболеваний.

Отрицательной стороной деятельности дятлов является также то, что они уничтожают и паразитов малого скрипуна. При взрезывании раздолбленных галлов установлено, что из 5,2% их добыты личинки ихневмонид (*Ephialtes* Sp.), которые находились в коконах, плотно прилежавших к стенкам хода. Еще больше, очевидно, уничтожается другого, самого массового в районе исследований паразита скрипуна — тахины *Billaea irrorata* Meig., которая зимует в личинках скрипуна.

Несмотря на эти нежелательные явления, деятельность дятлов в целом следует оценить положительно, так как истребление большей части популяции вредителя сильно уменьшает темп его размножения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Гречкин, А. И. Воронцов. Вредители и болезни тополей и меры борьбы с ними. Гослесбумиздат, 1962. [2]. K. Escherich. Die Forstinsekten Mitteleuropas. 1923. [3]. M. Postner. Zur Biologie und Bekämpfung des kleinen Pappelbockes *Saperda populnea* L. (*Cerambycidae*). Z. f. ang. Ent., Bd. 36, H. 2, 1954. [4] W. Stojny. Szkodniki drewna drzew szybko przyrastajacych. Polsko pismo entomologiczne, 22, 1952. [5]. S. Zivojinovic. Zur Biologie und Bekämpfung des kleinen Pappelbockes (*Saperda populnea* L.) in Jugoslawien. Z. f. ang. Ent., Bd. 48, H. 4, 1961.

Поступила в редакцию  
10 октября 1964 г.

УДК 634.0.116.21

**БУРЕЛОМЫ И ВЕТРОВАЛЫ В ЛЕСУ****Б. П. СОЛОВЬЕВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства)

Изучение воздействия сильных ветров на внешнюю форму леса в разных географических районах имеет большое научное и практическое значение. Мы обследовали большие площади буреломов и ветровалов, особенно в сосновых насаждениях. В нашу задачу входило найти зависимость между особенностями разрушений леса бурей и характером древостоев. Наиболее сильно были разрушены бурями леса в Володарском районе, Горьковской области в 1954 г. в полосе длиной в несколько десятков километров и в Судогодском районе, Владимирской области в 1956 г. в полосе длиной около 15 км.

Обследование показало, что размещение мест повреждений леса бурями среди лесопокрытой площади носит не случайный характер. Было замечено, что места буреломов и ветровалов приурочены к наветренным сторонам участков леса более старшего возраста, древостои которых резко возвышаются и не имеют вертикальной сомкнутости крон с пологом окружающих более молодых древостоев, а также к древостоям, не имеющим опушек, и к участкам леса, растущего на более высоких местоположениях рельефа.

На размещение мест повреждений леса бурями и на размер самих повреждений огромное влияние оказывают опушки леса. Было выявлено, что там, где опушка была сохранена при лесозаготовках и представлена деревьями и кустарниками с плотными, низко опущенными, вертикально сомкнутыми кронами, бурелом и ветровал имели меньшие размеры. Во всех случаях крайние опушечные деревья, имеющие более развитую в сторону поля корневую систему, оказывались более устойчивы против бурь, чем произрастающие вблизи них, но более далекие от опушки. При этом у первых иногда оказывалась отломанной лишь вершина.

Большое значение имеет конфигурация опушки. Выпуклая навстречу ветру опушка леса способствует уменьшению разрушений леса, вогнутая, наоборот, — увеличению их в местах наибольшей «стрелы прогиба» опушки. Это было отмечено при всех таксационных различиях в характеристиках опушек леса.

Такое явление объясняется следующим образом. Потоки ветра, встречая на своем пути опушку, расположенную не под прямым углом к направлению движения ветра, меняют направление движения и текут вдоль опушки. В случае вогнутой опушки, два потока, текущие вдоль ее сторон, сталкиваются в месте наибольшего прогиба опушки и в этом месте в большей мере разрушают лес.

Обследование показало, что наибольший участок со сплошь уничтоженным лесом имел размер около 15 га. Не наблюдалось, чтобы разрушениями, начавшимися у опушки, лес был уничтожен сплошь на глубину 300—400 м и более. Особый интерес представило обследование 60-летних культур сосны, местами с примесью ели, лиственницы и самосева березы полнотой 0,7, I класса бонитета, с редким подростом и подлеском (Судогодский район, Владимирской области).

С наветренной стороны дерева первого ряда (а местами до четвертого) сохранились, тогда как последующие несколько десятков рядов сосны были уничтожены на 20—80%. Разрушение произошло вдоль всей наветренной (меняющейся в направлении) границы культур. Опушечные деревья сохранились в результате большей их приспособленности к сильным ветрам, по сравнению с растущими дальше от опушки леса.

Группы лиственниц, имеющих одинаковый возраст с сосной, при числе деревьев в группе до 30 шт., в общем оказались более устойчивыми против бури, но в отличие от сосны стволы лиственницы не ломались, а вываливались с корнем. Самосев березы, имеющий примерно одинаковый диаметр с сосной, в этих культурах оказался также несколько более устойчивым против бурь, чем сосна. Это можно объяснить отсутствием в березовых стволах мутовок, где крепость древесины сосны на излом резко снижена. Рядом расположенные культуры сосны и ели 48—43 лет при смешении пород площадями около 0,25 га также сильно пострадали: ель — меньше, сосна — больше. Часть стволов ели под действием бури оказалась не сломанной, но наклоненной так, что даже через шесть месяцев не смогла принять вертикального положения.

Естественные молодняки во всех случаях пострадали несравненно меньше. В них уничтожены лишь отдельные, более крупные деревья типа «волк» или старые стволы. Последние, одиночно стоящие среди молодняков ели под действием бурь, вываливались с корнем, а в случае наличия напенной или стволовой гнили ломались, оставляя высокие пни — «остолопы». Разновозрастные и смешанные участки леса подверглись частичному разрушению. Вследствие различия высот деревьев и неодинаковой плотности их крон, в смешанных и разновозрастных участках леса, как правило, уничтожались более крупные деревья.

Обследованием было установлено, что направление движений бурь не совпадало с направлением движения господствующих ветров. Лесоводственное правило — располагать лесосеку длинной стороной поперек господствующего направления ветров — оказалось односторонним и увеличило вредные последствия в лесу от бурь. По нашему убеждению, длинная сторона лесосек должна быть ориентирована таким образом только в летний период сильных ветров (6 м/сек и более), так как летние ветры приносят больше разрушений лесу, чем зимние. Как известно из метеорологии, скорость ветра 6 м/сек является тем рубежом, за которым ламинарное движение воздуха переходит в турбулентное, и ветер больше проникает под полог крон деревьев.

Разработка мер борьбы с буреломами и ветровалами должна начинаться с изучения направлений, по которым летом движутся бури в том или ином географическом районе, с разработки мер по сохранению и усилению ветроустойчивости опушек, рекомендаций по выбору безопасных мест в лесу под разного рода лагеря и хозяйственные службы.



## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.383.2

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ СНЕГА  
НА ЕГО УПЛОТНЯЕМОСТЬ

Ф. А. ПАВЛОВ

Старший научный сотрудник

(Северный НИИ промышленности)

Сведения об уплотняемости снега имеют важное значение при решении многих практических вопросов, связанных с обработкой снега в дорожном деле.

Уплотняемость снега необходимо рассматривать с учетом его структуры и температуры. С этой целью мы изучали снег четырех видов: свежавывавший (звездчатый), метелевый, снег в начальной стадии фирнизации и фирновый (старый). Снег различных структур отбирали в течение всей зимы 1961/62 гг. из естественного снежного покрова и застругов (район г. Архангельска). Схематично места отбора проб показаны стрелками на рис. 1. Отобранные пробы снега рассыпали тонким слоем в открытых картонных коробках в морозильной камере. Перед закладкой в формы в морозильной камере выравнивали нужную температуру снега и воздуха.

Пробы снега сжимали в специальных цилиндрических разъемных формах при помощи штампа. Формы имели диаметр 10 см и высоту 12,7 см. Нагрузку на штамп создавали гидравлическим 5-тонным прессом. Диапазон развиваемых давлений составлял 0—25 кг/см<sup>2</sup>. Давление фиксировали манометром на прессе. Время действия нагрузки до 3 сек.

До начала испытаний определяли основные характеристики снега. Прежде всего находили начальную плотность  $\rho_0$  и производили ситовой анализ всех видов снега за исключением звездчатого. Отобранные виды имели следующие гранулометрические составы: звездчатый; № 1 — снег в начальной стадии фирнизации; № 2 — метелевый; № 4 — фирновый. Гранулометрические составы по фракциям даны в табл. 1.

Результаты уплотняемости различных видов снега приведены в табл. 2. Корреляционное уравнение связи, полученное по данным статистической обработки для температуры —16÷—17°С в диапазоне давлений 2—25 кг/см<sup>2</sup>, представляет собой многочлен второй степени. Уравнения для различных видов снега отличаются только коэффициентами, так как уплотнение во всех случаях идентично. Корреляционные уравнения и корреляционные отношения представлены в табл. 3.

На рис. 2, 3, 4 и 5 нанесены фактические данные и вычисленные по корреляционным уравнениям.

Вид полученных кривых показывает, что зависимость плотности снега от удельного давления в диапазоне от 2 до 25 кг/см<sup>2</sup> при температурах ниже —16°С близка к прямолинейной. Начиная с плотности

Таблица 1

Дата и время отбора	Температура снега, °С	Начальная плотность, г/см <sup>3</sup>	Общий вес навески, г	Содержание фракций, %									
				10 мм	7 мм	5 мм	3 мм	2 мм	1 мм	0,5 мм	0,25 мм	<0,25 мм	
Гранулометрический состав № 1													
27/ХІІ 16.00	От—16,6 до—16,2	0,375	91,10	0,7	0,8	1,7	5,5	22,0	23,3	37,3	8,2	0,5	
		0,363	102,15	—	1,6	1,0	5,2	21,8	24,1	34,5	11,6	0,2	
		0,373	107,70	0,6	2,2	1,1	6,7	21,5	22,1	34,0	11,4	0,4	
		0,387	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		0,375	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Гранулометрический состав № 2													
2/І 10.00	От—17,1 до—15,9	0,397	121,40	—	—	—	1,0	3,2	14,4	54,9	24,6	1,9	
		0,397	115,20	—	—	—	1,0	7,4	13,2	52,3	25,4	0,4	
		0,373	129,0	—	—	—	2,8	3,2	12,3	55,7	24,6	1,4	
		0,407	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		0,347	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднее	0,385	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Гранулометрический состав № 4													
20/ІІІ 10.00	От—17,8 до—16,5	0,375	137,10	—	—	—	23,4	27,4	21,4	22,4	4,4	0,9	
		0,392	150,40	—	—	—	31,5	28,6	23,5	14,3	2,0	0,1	
		0,396	131,10	—	—	—	24,8	29,1	18,4	21,6	4,5	1,6	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднее	0,388	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Таблица 2

Дата опыта	№ опытов	Гранулометри- ческий состав снега	Температура воздуха, °С	Темпера- тура снега, °С	Начальная плотность, г/см <sup>3</sup>	Средняя плотность снега при давлении на образец (кг/см <sup>2</sup> )					
						2	5	10	15	20	25
20/ХІІ, 3/І	1—86	Звездчатый	— 16,5 ÷ — 16,2	— 16,1	0,190 — 0,255	0,4285	0,4587	0,4808	0,5135	0,5242	0,5465
27/ХІІ	87—122	№ 1	— 16,5 ÷ — 16,2	— 16,0	0,363 — 0,387	0,4362	0,4637	0,5006	0,5272	0,5648	0,6014
2/І	123—166	№ 2	— 15,9 ÷ — 17,0	— 15,9	0,347 — 0,407	0,4980	0,5070	0,5540	0,5663	0,5800	0,6097
20/ІІІ	166—212	№ 4	— 16,5 ÷ — 17,8	— 17,2	0,375 — 0,396	0,4672	0,5080	0,5306	0,5567	0,5692	0,5858

Таблица 3

Гранулометрический состав	Корреляционное уравнение	Корреляционное отношение
Звездчатый снег	$\rho = 0,4164 + 0,00785\sigma - 0,00011\sigma^2$	0,96
№ 1	$\rho = 0,4245 + 0,00736\sigma - 0,0000146\sigma^2$	0,98
№ 2	$\rho = 0,4831 + 0,00670\sigma - 0,000072\sigma^2$	0,97
№ 4	$\rho = 0,4539 + 0,0097\sigma - 0,00018\sigma^2$	0,95

Примечание.  $\rho$  — плотность уплотненного снега,  $г/см^3$ ;  
 $\sigma$  — давление,  $кг/см^2$ .

0,4  $г/см^3$  при температуре ниже  $-16^\circ C$  снег становится достаточно упругим материалом. Сильнее всего уплотняется метелевый снег, затем мелкозернистый, фирновый и свежесвыпавший. Таким образом, лучше уплотняется снег, имеющий более мелкие зерна.

Наибольшая плотность может быть получена при следующем соотношении фракций: 60 — 70% зерен 0,5 мм и 40 — 30% зерен 0,25 мм и мельче. Из приведенных данных также следует, что при одном и том же удельном статическом давлении фирновый снег может быть уплотнен больше, чем свежесвыпавший.

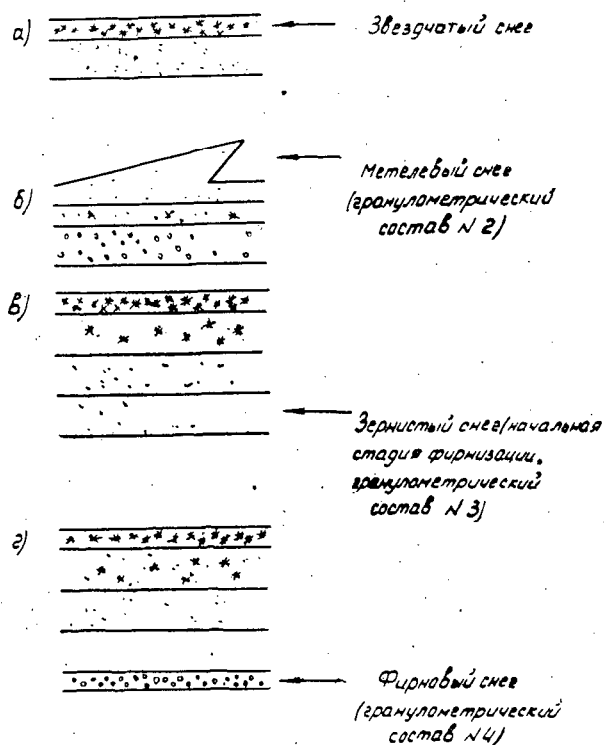


Рис. 1. Места отбора проб снега.

Не менее важными факторами, влияющими на уплотняемость снега, являются температура и начальная плотность. Рядом ученых [1], [2] установлена степенная зависимость плотности от удельного давления. Предлагаемая эмпирическая формула имеет вид

$$\sigma = k(\Delta\rho)^m,$$

где  $\Delta\rho$  — относительное статие;

$\sigma$  — удельное давление на образец;

$k$  и  $m$  — показатели, учитывающие температуру, структуру и скорость нагружения.

Данная формула не дает точных результатов. С учетом начальной плотности, температуры, структуры и развиваемого давления на основе опытных данных нами установлена следующая зависимость:

$$\rho = \rho_0 + n\sigma^m + \Delta,$$

где  $\rho_0$  — начальная плотность снега;

$n$  и  $m$  — коэффициенты, характеризующие скорость приложения нагрузки  $20 \text{ кг/см}^2$  в мин и вид снега;

$\Delta$  — температурная поправка.

Начиная от температуры  $-20^\circ \text{C}$ , ее понижение не влияет на плотность снега при увеличении давления. При увеличении температуры температурная поправка растет.

Для установления температурной поправки автором совместно с лаборанткой Г. Ф. Супаловой проделаны опыты по уплотнению снега четырех указанных видов при различных температурах ( $-16 \div -17^\circ \text{C}$ ,  $-9,8 \div -10^\circ \text{C}$ ,  $-4,3 \div -5^\circ \text{C}$  и  $0 \div -1^\circ \text{C}$ ).

По результатам опытов установлено следующее выражение для температурной поправки:

$$\Delta = \frac{a(e^{fs} - 1)}{T},$$

где  $a$  и  $f$  — постоянные коэффициенты ( $a = 0,334$ ;  $f = 0,02$ );

$T$  — отрицательная температура, взятая в абсолютном значении.

Значение температурной поправки для давлений  $2,5$ ,  $10$  и  $20 \text{ кг/см}^2$  при указанных выше температурах показано на рис. 6. Из рисунка видно, что повышение температуры тем меньше влияет на конечную плотность, чем меньше давление.

Зная температурную поправку, можно написать выражение для конечной плотности

$$\rho = \rho_0 + n\sigma^m + \frac{a(e^{fs} - 1)}{T} \text{ г/см}^3.$$

Значения структурных коэффициентов  $n$  и  $m$  для различных структур колеблется: первого от  $0,05$  до  $0,171$ ; второго от  $0,20$  до  $0,46$ . Для свежеснежавшего снега коэффициент  $n$  равен  $0,171$ ,  $m$  —  $0,20$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. С. Вялов: Закономерности деформирования льда. Материалы гляциологических исследований 2-й КАЭ. Вып. 4, М., 1960. [2]. В. А. Чернигов, С. Н. Карташов. Влияние скорости роста нагрузки на деформацию снега. Материалы гляциологических исследований 2-й КАЭ. Вып. 4, М., 1960.

УДК 634.0.378:627.211.2

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДИНАМИКЕ МЕХАНИЗМОВ СОРТИРОВОЧНОГО УЗЛА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СЕКЦИИ ПЛОТОВ

Сообщение 2

К. А. ЧЕКАЛКИН

Доцент

(Архангельский лесотехнический институт)

### *Динамика поперечного перемещения механизма для сортировки пучков*

Принятый в механизированной поточной линии [2] принцип сортировки пучков требует хорошей маневренности механизма при движении его по поперечному коридору (минимальные периоды разгонов и торможений для обеспечения высокой производительности, относительно высокая точность остановки). Поэтому вопросы динамики поперечного перемещения указанного механизма и подвергнуты надлежащим исследованиям.

Перемещения механизма по коридору совершаются в направлении, перпендикулярном течению, поэтому, с точки зрения гидравлики, условия поперечного перемещения его могут быть приравнены к условиям движения в стоячей воде. Скорость течения воды в реке, в данном случае, должна соответствующим образом учитываться только при определении сопротивления движению роликовых тележек, через которые на мост передается сила влечения механизма потоком.

Из сказанного следует, что разгон механизма из состояния покоя до скорости равномерного движения  $v$ , подчиняется закономерностям, описанным уравнениями (9), (11) и (12), приведенными в другой нашей работе [2]. В этих уравнениях под массой  $m$  следует подразумевать сумму масс пучков и самого механизма, движущегося вместе с пучками, а также присоединенные массы воды.

При торможении механизма сила торможения  $P_2$  и сопротивление воды движению его  $R$  направлены в одну сторону, поэтому уравнение движения механизма напишется

$$m \frac{dv}{dt} = -P_2 - R; \quad (1)$$

где  $v$  — техническая скорость движения механизма при торможении, м/сек;

$t$  — время, сек.

При отсутствии скоростей течения

$$R = rv^2, \quad (2)$$

где  $r$  — приведенное сопротивление воды движению механизма,  $\frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2}$ .

При применении на приводе поперечного перемещения механических тормозов тормозную силу можно считать величиной постоянной [1]. Из уравнения (1), с учетом выражения (2)

$$dt = \frac{m dv}{-(rv^2 + P_2)}.$$

Проинтегрировав последнее выражение в пределах от  $v_T$  до нуля, получим формулу для определения длительности торможения

$$t_2 = \frac{m}{\sqrt{rP_2}} \operatorname{arctg} v_T \sqrt{\frac{r}{P_2}}. \quad (3)$$

Длину тормозного пути определим из уравнения

$$dS_2 = v dt$$

или с учетом уравнения (1)

$$dS_2 = \frac{m v dv}{-(rv^2 + P_2)}.$$

После интегрирования последнего уравнения снова в пределах от  $v_T$  до нуля получим формулу для расчета длины тормозного пути

$$S_2 = \frac{m}{2r} \ln \frac{P_2 + rv_T^2}{P_2}.$$

После несложных преобразований получим уравнение для расчета тормозной силы при заданной длине тормозного пути

$$P_2 = \frac{R_0}{e^{\frac{2rS_2}{m}} - 1}, \quad (4)$$

где  $R_0$  — сила сопротивления движению механизма при равномерном движении;

$$R_0 = rv_T^2. \quad (5)$$

#### Определение скорости удара пучков о запорные стойки сортировочного механизма

Группы пучков подаются нагнетателем-отсекателем в сортировочный механизм и имеют в конце рабочего хода толкателей техническую скорость  $v_T$  [2]. В сортировочном механизме группы пучков встречаются с вертикальными запорными стойками, которые фиксируют их положение в механизме от смещения течением (рис. 1). Следовательно, запорные стойки следует рассчитывать на динамическую нагрузку от удара группы пучков, что потребует знания скорости удара.

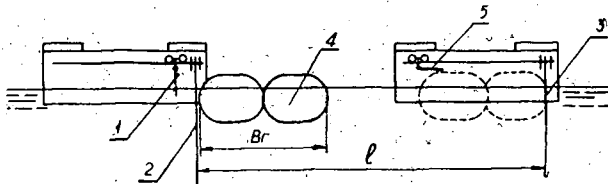


Рис. 1: Схема к расчету скорости удара пучков и запорные стойки сортировочного механизма.

1 — толкатели нагнетателя-отсекателя; 2 — стойки-отсекатели нагнетателя-отсекателя; 3 — запорные стойки сортировочного механизма; 4 — группа пучков; 5 — толкатели сортировочного механизма.

Движение группы пучков после окончания воздействия на нее стоек-толкателей нагнетателя-отсекателя может быть описано следующим уравнением динамики

$$mvdv = -r(v - v_p)^2 dS_0, \quad (6)$$

где  $m$  — масса группы пучков, кг;

$r$  — приведенное сопротивление воды движению группы пучков,  $\frac{\text{н} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2}$

$dS_0$  — элементарный отрезок пути движения группы пучков от нагнетателя-отсекателя до встречи с запорными стойками, м;

$v_p$  — скорость течения в реке, м/сек.

Отсюда длина пути движения группы пучков до встречи с запорными стойками

$$S_0 = -\frac{m}{r} \int_{v_\tau}^{v_*} \frac{v dv}{(v - v_p)^2} = \frac{m}{r} \int_{v_*}^{v_\tau} \frac{v dv}{(v - v_p)^2}, \quad (7)$$

где  $v_*$  — абсолютная (техническая) скорость встречи группы пучков со стойками.

Для каждого рассматриваемого случая принимаем  $v_p = \text{const}$ . Используя табличный интеграл, после несложных преобразований получаем

$$S_0 = \frac{m}{r} \left[ \frac{v_p(v_\tau - v_*)}{(v_\tau - v_p)(v_* - v_p)} + \ln \frac{v_\tau - v_p}{v_* - v_p} \right]. \quad (8)$$

Длина пути движения группы пучков до встречи с запорными стойками может быть определена из конструктивных соображений (рис. 1) как

$$S_0 = l - B_r,$$

где  $l$  — расстояние между стойками-отсекателями нагнетателя-отсекателя и запорными стойками сортировочного механизма, м;

$B_r$  — ширина группы пучков, м.

Таким образом, уравнение (8) при известных  $S_0$ ,  $m$ ,  $r$ ,  $v_\tau$  и  $v_p$  может быть решено относительно  $v_*$ .

Для этого перепишем его так:

$$\frac{rS_0}{m} - \frac{v_p(v_\tau - v_*)}{(v_\tau - v_p)(v_* - v_p)} = \ln \frac{v_\tau - v_p}{v_* - v_p}. \quad (9)$$

Обозначая левую часть данного уравнения через  $f_1(v_*)$ , а правую через  $f_2(v_*)$  и задаваясь различными значениями  $v_*$  можно построить графики  $f_1(v_*)$  и  $f_2(v_*)$ , в точке пересечения которых находится искомое значение  $v_*$ .

При работе поточной линии в условиях отсутствия скоростей течения задача по определению скорости удара решается проще. Подставив в уравнение (8)  $v_p = 0$ , получаем

$$S_0 = \frac{m}{r} \ln \frac{v_\tau}{v_*}$$

и после преобразований

$$v_* = v_\tau e^{-\frac{rS_0}{m}} \quad (10)$$

При известной скорости удара группы пучков о стойки можно определить время, затрачиваемое на пробег пучками расстояния  $S_0$ , что требуется в расчете производительности сортировочного узла поточной линии.

Из уравнения динамики

$$m \frac{dv}{dt_0} = -r(v - v_p)^2$$

имеем

$$dt_0 = \frac{m dv}{-r(v - v_p)^2}$$

Время пробега расстояния  $S_0$

$$t_0 = -\frac{m}{r} \int_{v_T}^{v_*} \frac{dv}{(v - v_p)^2} = \frac{m}{r} \int_{v_*}^{v_T} \frac{dv}{(v - v_p)^2}$$

Для интегрирования воспользуемся табличным интегралом и получаем

$$t_0 = \frac{m}{r} \left( \frac{1}{v_* - v_p} - \frac{1}{v_T - v_p} \right). \quad (11)$$

При отсутствии скоростей течения  $v_p = 0$

$$t_0 = \frac{m}{r} \left( \frac{1}{v_*} - \frac{1}{v_T} \right). \quad (12)$$

*К расчетам производительности сортировочного узла поточной линии*

Длительность одного цикла работы сортировочного механизма определяют формулой

$$t_{с.м.} = t_{н.о.} + t_1 + t_2 + \frac{S - (S_1 + S_2)}{v_T} + t_b + \frac{S}{v_{x.x}}, \quad (13)$$

где  $t_{н.о.}$  — продолжительность движения группы пучков через нагнетатель-отсекатель, *сек*;

$t_1$  и  $t_2$  — продолжительность разгона и торможения сортировочного механизма, *сек*;

$S$  — средневзвешенный пробег механизма для рассортировки одной группы пучков, *м*;

$S_1$  и  $S_2$  — длина пути разгона и торможения сортировочного механизма, *м*;

$v_T$  — скорость равномерного движения механизма, *млсек*;

$t_b$  — длительность выталкивания группы пучков из сортировочного механизма в сортировочный дворик, *сек*;

$v_{x.x}$  — скорость движения порожнего механизма, *млсек*.

Продолжительность движения группы пучков через нагнетатель-отсекатель определяют как

$$t_{н.о.} = t_x + t + t_0, \quad (14)$$

где  $t_x$  — длительность холостого хода стоек-толкателей;

$$t_x = \frac{B_r}{v_x}, \quad (15)$$



(здесь  $B_r$  — ширина группы пучков, м;  $v_x$  — скорость холостого хода стоек-толкателей, м/сек);

$t$  — длительность разгона группы пучков в нагнетателе-отсекателе [2], сек;

$t_0$  — продолжительность движения пучков от нагнетателя-отсекателя до сортировочного механизма по уравнениям (11) или (12), сек.

Средневзвешенный пробег сортировочного механизма может быть определен общеизвестными методами расчета средневзвешенного расстояния при транспортной работе. Для выполнения этих расчетов необходимо знать сменные объемы пучков, движущихся по каждому подводящему коридору, процентное содержание каждой сортовой группы в этом объеме и расстояние от оси подводящего коридора до осей соответствующих сортировочных двори́ков.

Затраты времени на выталкивание группы пучков из сортировочного механизма в сортировочный дворик при одинаковой конструкции рабочих органов нагнетателя-отсекателя и сортировочного механизма определяют по формуле

$$t_n = t + t_x. \quad (16)$$

Тогда сменную продолжительность сортировочного механизма определим по общеизвестной зависимости

$$N_{см} = \frac{kT_0}{t_{см}} W, \quad (17)$$

где  $T_0$  — число секунд в смене;

$k$  — коэффициент использования рабочего времени;

$W$  — средний объем группы пучков данной осадки, м<sup>3</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. С. Комаров. Динамика грузоподъемных машин. Машгиз, 1962.  
 [2] К. А. Чекалкин. Исследования по динамике механизмов сортировочного узла поточной линии по формированию секций плотов. Сообщение 1. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1965.

Поступила в редакцию  
16 апреля 1964 г.

УДК 539.621 (634.0383.2)

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МАТЕРИАЛА О СНЕГ

**Н. Г. БЕРЕЖНОВ**

Старший преподаватель

(Алтайский сельскохозяйственный институт)

Автор изучал вопрос изменения величины коэффициента трения различных материалов о снег в зависимости от температуры окружающего воздуха. Экспериментальная работа была проведена в опытном холодильнике Всесоюзного НИИ холодильной промышленности на приборе В. А. Желиговского. Исследовали мелкозернистый снег плотностью  $0,34 \text{ г/см}^3$  при температурах от 0 до  $-50^\circ \text{C}$ . Влияние материалов на величину коэффициента трения определяли на металлах и пластмассах. Брали наборы образцов материалов каждой группы, имеющих различную теплопроводность. Поверхность образцов шлифовали.

В результате экспериментальной работы было установлено, что величина коэффициента трения зависит от температуры воздуха и вида материала.

На рис. 1 представлена зависимость коэффициента трения от температуры. Из графика видно, что коэффициент трения с температурой изменяется по кривой, с явно выраженным минимумом его значения, что можно объяснить изменением агрегатного состояния снега, подобно изменению кристаллической решетки металлов.

Эта зависимость имеет три характерные зоны (рис. 2): минимального значения (от  $-5$  до  $-12^\circ \text{C}$ ) и две зоны повышенного значения величины коэффициента трения (от 0 до  $-5^\circ \text{C}$  и ниже  $-12^\circ \text{C}$ ).

Первая зона характерна повышенным значением величины коэффициента трения вследствие высокого влагосодержания (жидкой фазы воды) и способности снега к слипанию-прилипанию. При трении-скольжении вследствие прилипания наблюдается смещение частиц и их прессование. Можно считать, что при трении в данной зоне, помимо упругих, возникают пластические деформации снега, на что указывает характер кривой. Для упругих деформаций, к которым применим закон Гука, характерен закон прямой пропорциональности, а мы получили кривую второго порядка.

Вторая зона характеризуется минимальным значением величины коэффициента трения. При данном диапазоне температур и определенном давлении агрегатное состояние снега находится в равновесии. При трении выделяется такое количество тепла, которое оплавляет минимальный слой снежных кристаллов, создавая слой смазки, уменьшающей величину коэффициента трения.

Третья зона характеризуется повышенным значением величины коэффициента трения за счет уменьшения пленки влаги и перехода от

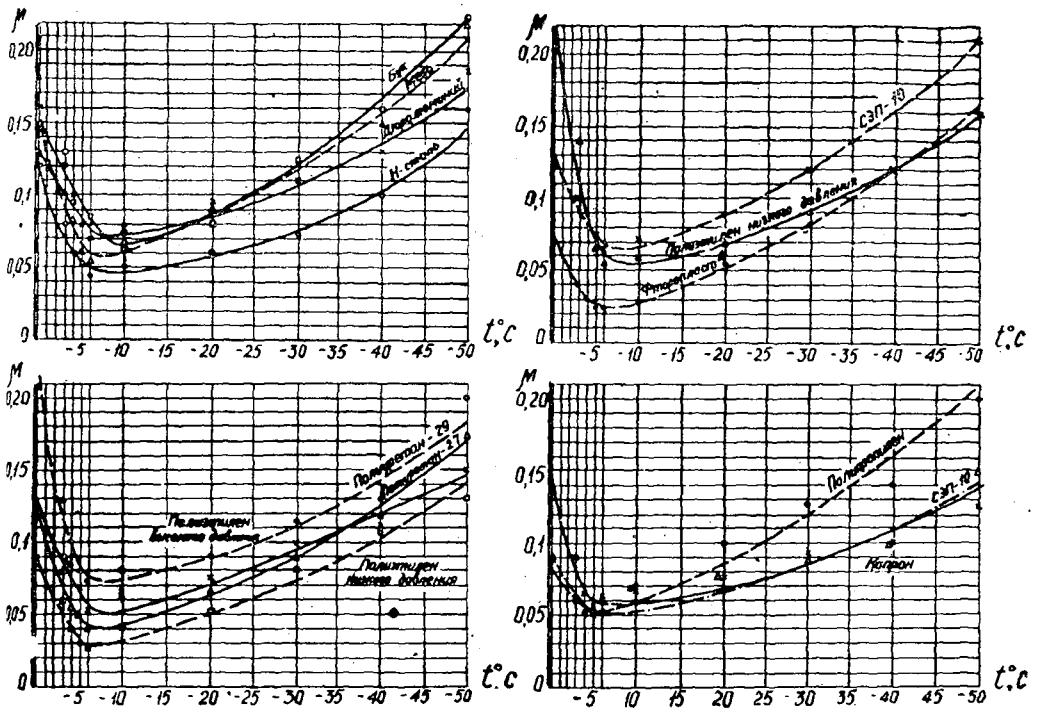


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения различных материалов о снег от температуры снега и окружающей среды.

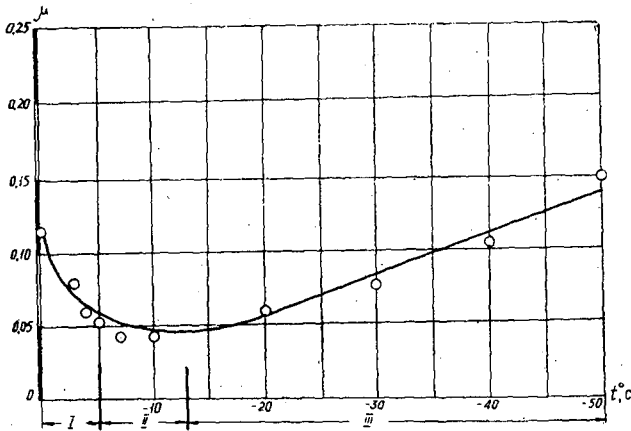


Рис. 2. Схема распределения границ зон величины коэффициента трения различных материалов о снег.

трения со смазкой к сухому. При данных температурах в снеге нарушается равновесие, количество жидкой фазы уменьшается.

При данных температурах во время скольжения происходит скол выступов (кристаллов) и измельчение их, а также течение снега за счет выделения тепла деформации. При этом происходит измельчение структуры снега: из крупнозернистого он превращается в мелкозернистый.

При сколе выступов и их размельчении с последующим частичным плавлением работа трения затрачивается на увеличение поверхностной энергии снега.

В третьей зоне в основном происходит упругая деформация, на что указывает вид кривой, приближающейся к прямой линии.

Эмпирическую зависимость коэффициента трения от температуры математически можно выразить уравнениями

$$\text{при } t \text{ от } 0 \text{ до } -5^{\circ}\text{C} \quad \mu = -\alpha_1 t + \beta_1;$$

$$\text{при } t \text{ ниже } -5^{\circ}\text{C} \quad \mu = \alpha_2 t + \beta_2.$$

На основании нашего исследования можно сделать следующие выводы.

1. С температурой воздуха изменяется агрегатное состояние снега и нарушается равновесие фаз, что влияет на величину коэффициента трения скольжения. Температура от  $-5^{\circ}$  до  $-12^{\circ}$  С является температурой перехода снега из пластического состояния в хрупкое и наоборот.

2. Величина коэффициента трения изменяется в зависимости от температуры, имея явно выраженный минимум значения. При этом закон изменения кривой для всех испытуемых материалов одинаков.

3. Величина коэффициента трения зависит от вида материала. При прочих равных условиях наименьшее значение коэффициента трения имеют пластмассы: фторопласт-4; полиэтилен низкого давления и др., которые и следует применять в качестве подрезов саней. Хотя примененные пластмассы и не устраняют полностью влияния температурного перехода, но резко снижает величину коэффициента трения. При выборе пластмасс предпочтение следует отдавать пластмассам, имеющим низкую теплопроводность.

Поступила в редакцию  
25 ноября 1963 г.

УДК 634. 0. 378. 7

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОБАЛАНСА И к.п.д. ДВИЖИТЕЛЕЙ  
АВТОТЯГАЧА МАЗ 4 × 4 НА СНЕЖНОЙ ДОРОГЕ****В. Н. КАРЕЛИН**

Аспирант

(ЦНИИМЭ)

Мы ставили задачу установить зависимость полезного момента  $M_n$ , момента потерь энергии  $M_f$  и его составляющих, а также к. п. д.  $\eta$  от величины суммарного подводимого момента  $M$  к двигателям автотягача для трех разных давлений воздуха в шинах и трех рабочих передач в коробке скоростей.

Объектом исследования служил лесовозный автотягач МАЗ-501, на котором были установлены односкатные шины размером 15.00-20. Тягач был оснащен тензометрическими датчиками и при помощи 40-жильного кабеля соединен с передвижной лабораторией, где размещалась измерительная аппаратура.

В процессе экспериментального исследования на бумагу осциллографа ОТ-24 синхронно записывались крутящие моменты на четырех полуосях, обороты всех ведущих колес, пройденный путь, сила тяги на крюке, толкающие усилия, передаваемые передними колесами, и радиальные деформации шин.

Статические нагрузки на ведущие колеса груженого тягача составляли  $G_{1 \text{ ст}} = 4130 \text{ кг}$ ;  $G_{2 \text{ ст}} = 6300 \text{ кг}$ . Изменения нагрузок на оси определяли теоретически.

При проведении дорожного испытания тягача изменялась величина тягового усилия  $T$  на крюке от нуля до максимальных значений по условиям сцепления колес с дорогой или по мощности двигателя (на III передаче).

Загрузку осуществляли двумя тормозными автомобилями МАЗ-501 и КРАЗ-214 ступенями, после предварительного разгона исследуемого тягача.

Движение осуществлялось по снежно-уплотненной дороге. Выбирали прямые, горизонтальные, ровные участки длиной 50—100 м, на которых проводили опытные заезды тягача. Температура воздуха колебалась в пределах от  $-4^\circ$  до  $-6^\circ \text{С}$  и от  $-12^\circ$  до  $-15^\circ \text{С}$ .

Прочность уплотненной дороги составляла 30—45 ударов однокилограммового ударника, плотность снега 0,52—0,58 г/см<sup>3</sup>, толщина снега 12 см; поверхность снежной дороги сохранялась шероховатой.

При заездах была постоянно включена первая передача, а межосевой дифференциал был не заблокирован. Результаты обработки экспериментальных данных представлены на графиках (рис. 1, 2, 3).

На рис. 1 показаны зависимости момента потерь энергии в двигателях, полезного момента и к. п. д. ведущих колес от суммарного момента, подводимого к двигателям тягача.

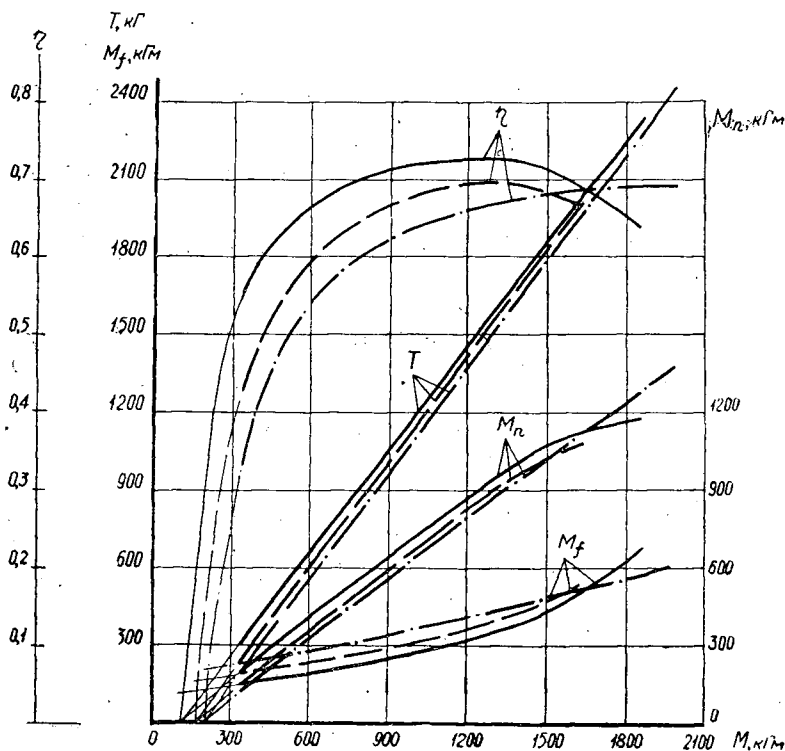


Рис. 1. Зависимость момента потерь энергии  $M_f$ , полезного момента  $M_n$ , тягового усилия  $T$  и к.п.д. двигателей  $\eta$  от подводимого к ним момента  $M$ . Давление воздуха в шинах 4,2 кг/см<sup>2</sup> (сплошные линии), 3,5 кг/см<sup>2</sup> (пунктирные), 2,8 кг/см<sup>2</sup> (штрих-пунктирные).

Движение происходило на I передаче при разном давлении воздуха в шинах. Изменение подводимого момента было обусловлено приложением тягового усилия.

Точки пересечения функций  $T=f(M)$  с осью абсцисс показывают величины моментов сопротивления движению груженого тягача при отсутствии тяговых усилий.

Графики показывают наличие перегибов кривых, которые обуславливаются ростом буксования передних ведущих колес при увеличении подводимого момента.

Для каждого значения давления воздуха в шинах, с ростом тягового усилия, к.п.д. двигателей первоначально интенсивно возрастает, затем наблюдается более пологая зона его изменения и максимум. Дальнейшее повышение подводимого момента хотя и увеличивает тяговое усилие, но снижает к.п.д. двигателей.

Диапазоны тяговых усилий, соответствующие пологим зонам изменения к.п.д., могут быть названы энергетически оптимальными.

Снижение давления воздуха в шинах несколько уменьшает к.п.д. двигателей, но значительно увеличивает оптимальный диапазон тягового усилия и максимальные усилия по сцеплению колес с поверхностью снежной дороги.

Рост подводимых моментов к двигателям тягача увеличивает моменты потерь энергии при всех значениях давлений воздуха в шинах, вследствие повышения потерь на трение в контакте и дополнительную окружную деформацию шин. Для шин с большим давлением воздуха

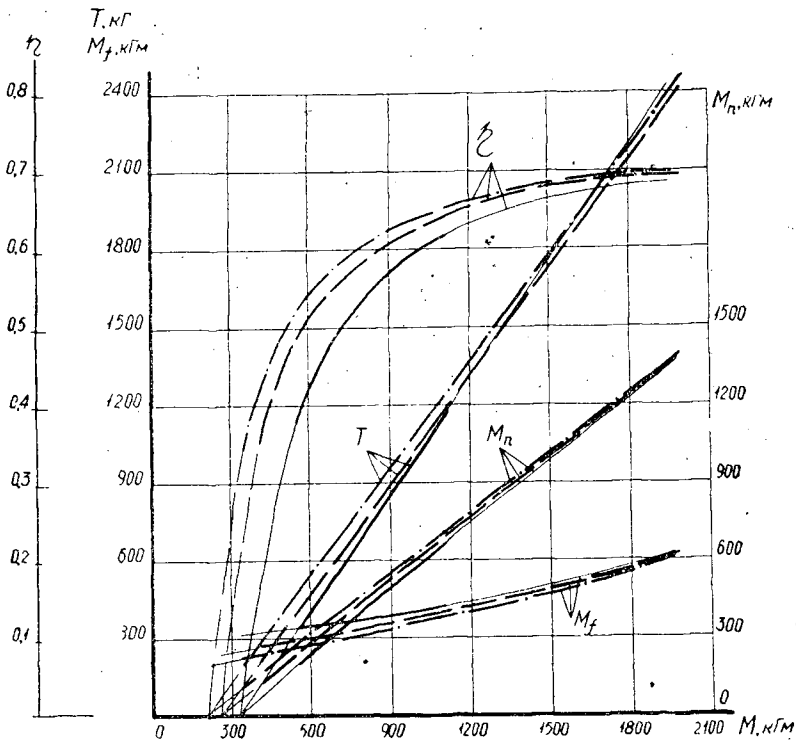


Рис. 2. Графики зависимости  $M_f$ ,  $M_n$ ,  $T$ ,  $\eta$  от подводимого момента к двигателям авто тягача  $M$ .  
Сплошные линии — III передача; пунктирные — II; штрих-пунктирные — I.

в зоне высоких значений подводимых моментов наблюдается более интенсивный рост моментов потерь, вследствие увеличения составляющих потерь на трение в контакте.

На рис. 2 показаны зависимости  $M_f$ ,  $M_n$ ,  $T$  и  $\eta$  от величины суммарного подводимого момента к ведущим колесам тягача при его движении на разных передачах. Давление воздуха в шинах сохраняли постоянным ( $2,8 \text{ кг/см}^2$ ).

На III передаче, при величине тягового усилия около  $1200 \text{ кг}$ , двигатель тягача начинает глохнуть, хотя к.п.д. двигателей продолжает возрастать. Этот факт показывает на несоответствие мощности двигателя (110 л. с.) данному размеру шин по условию эффективной работы двигателей. Все кривые, полученные для III передачи в функции подводимого момента, были распространены и на область больших тяговых усилий (на графиках тонкие линии).

При движении тягача на всех трех передачах рост подводимого момента увеличивает к.п.д. двигателей по зависимости

$$\eta = (1 - B) - AM - \frac{C}{M}$$

Повышение рабочей передачи снижает к.п.д. двигателей при значениях тяговых сил менее оптимальных.

В зоне повышенных подводимых моментов наблюдается сглаживание разницы и выравнивание абсолютных значений к.п.д. на разных

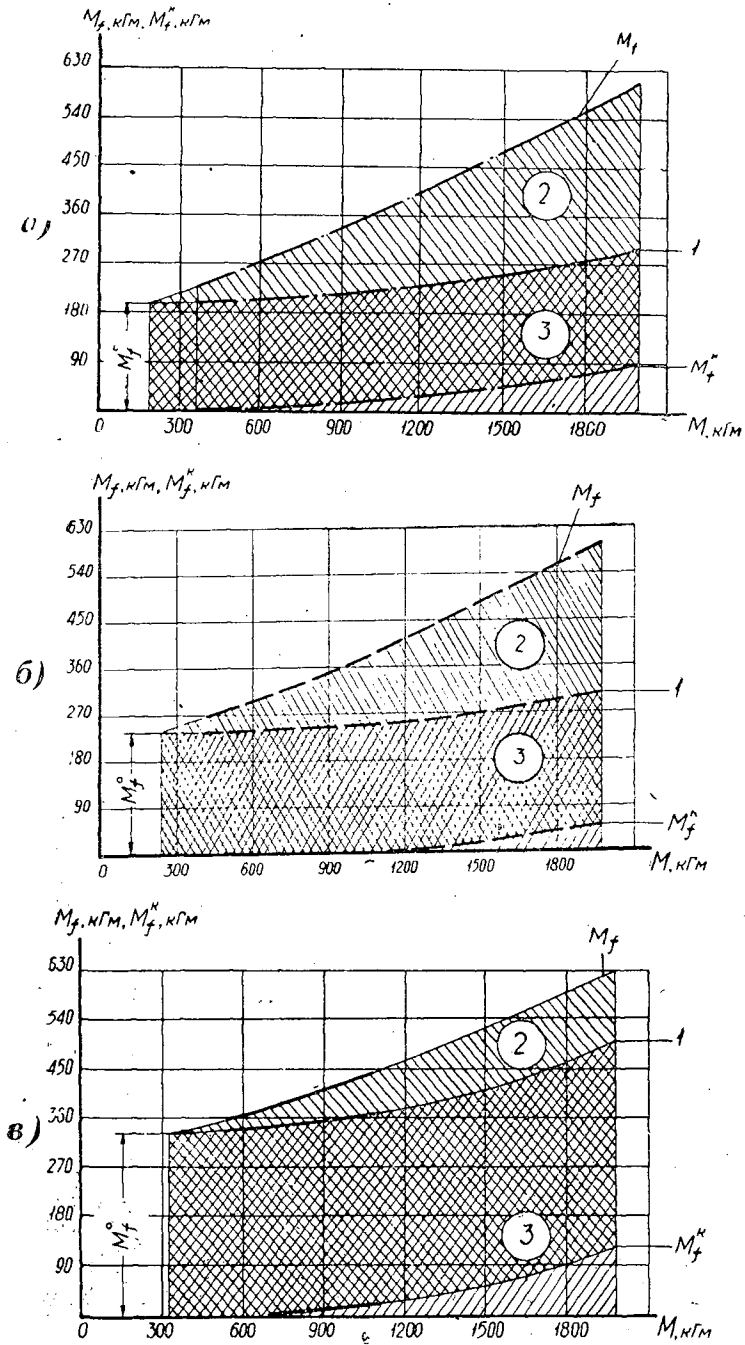


Рис. 3. Изменение моментов потерь  $M_f$  и их составляющих на трение в контакте  $M_f^k$  в зависимости от подводимого момента к движителям  $M$ .

3 — составляющие на радиальную и окружную деформации от нагрузки  $M_f^{ш1}$ ;

2 — составляющие на дополнительную окружную деформацию шин от подводимого момента  $M_f^{ш2}$ . а — I передача; б — II передача;

в — III передача.



передачах. С увеличением подводимого момента наблюдается рост моментов потерь энергии в двигателях тягача на всех трех передачах. Рост  $M_f$  происходит тем интенсивнее, чем ниже включенная передача. В области малых и средних значений подводимого момента повышенной передаче соответствует и более высокий момент потерь энергии.

При движении тягача на рабочих передачах с оптимальными тяговыми усилиями моменты потерь энергии в двигателях отличаются незначительно.

Закономерности изменения  $M_f$  от подводимого момента на рабочих передачах могут быть объяснены характером изменения составляющих моментов потерь энергии с ростом  $M$  (рис. 3, а, б, в).

Составляющие потерь на трение в контакте  $M_f^k$  и на дополнительную окружную деформацию  $M_f^w$  (области между кривыми I и  $M_f^k$ ) увеличиваются с возрастанием подводимого момента к двигателям.

Составляющие моментов потерь на радиальную и окружную деформации шин свободных колес ( $T=0$ )  $M_f^w$  (области между кривыми I и  $M_f^k$ ), обусловленные в основном нагрузкой на двигатели, также увеличиваются от приложения тягового усилия, поскольку происходит перераспределение осевых нагрузок тягача. Повышение рабочей передачи увеличивает моменты сопротивления движению свободных колес тягача  $M_f^w$ , вследствие влияния скорости на гистерезисные потери от нагрузки.

На более высокой передаче наблюдается менее интенсивный рост составляющих  $M_f^w$  с возрастанием  $M$ . По-видимому, это объясняется тем, что увеличение скорости повышает окружную жесткость шин, а следовательно ослабляет действие крутящего момента на рост потерь в шине.

Снижение составляющих  $M_f^w$  для более высокой передачи в области больших значений  $M$  приводит к сглаживанию разницы моментов потерь на передачах в оптимальном диапазоне тяговых сил.

На основании метаматической обработки опытных точек получены корреляционные уравнения моментов потерь энергии и их составляющих от подводимого момента к двигателям для трех передач. Уравнения выражаются параболой второго порядка типа

$$M_f = AM^2 + BM + C.$$

Значения опытных коэффициентов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Передача	Значения коэффициентов		
	A	B	C
I	$0,2794 \cdot 10^{-4}$	0,1711	162,3
II	$0,2982 \cdot 10^{-4}$	0,1451	262,6
III	$0,5743 \cdot 10^{-4}$	0,0567	295,5

Полезная работа, совершаемая двигателями, с ростом подводимого момента увеличивается при движении тягача на всех трех передачах.

Величина  $M_n$  изменяется в соответствии с моментами потерь энергии.

Численные значения к.п.д. и полезных моментов при всех величинах подводимого момента могут быть легко определены на основании приведенных в табл. 1 опытных коэффициентов.

Зависимости подводимых моментов к двигателям от тяговых усилий на крюке тягача линейные.

Для III передачи  $T = 1,496 M - 475$ ; для II передачи  $T = 1,378 M - 329$ ; для I передачи  $T = 1,375 M - 273$ .

Наше исследование позволяет сделать следующие основные выводы.

1. Момент потерь энергии в двигателях автотягача с ростом подводимого момента, обусловленным изменением тяговой нагрузки от нуля до максимальной по сцеплению, возрастает в 2—5 раз в зависимости от давления воздуха в шинах и включенной передачи.

2. Повышение рабочей передачи увеличивает составляющую момента потерь на радиальную и окружную деформации, обусловленные нагрузкой, и уменьшает составляющую на дополнительную окружную деформацию от подводимого момента.

3. Энергетически оптимальный диапазон тягового усилия, соответствующий пологой зоне к.п.д. двигателей, возрастает при снижении давления воздуха в шинах с 4,2 до 2,8  $\text{кг/см}^2$  и незначительно изменяется с повышением рабочей передачи. Он находится в пределах 1800—2400  $\text{кг}$ .

4. Увеличение подводимого момента к двигателям увеличивает их к.п.д. Максимальные значения к.п.д. составляют 0,69—0,72 в зависимости от давления воздуха в шинах и включенной передачи. Дальнейший их рост ограничен условиями сцепления колес с дорогой (кроме третьей передачи).

5. При работе автотягача с оптимальными значениями тягового усилия повышение рабочей передачи и снижение давления воздуха в шинах незначительно изменяют к.п.д. двигателей, снижая его в левой части оптимального тягового диапазона и повышая в правой. Уменьшение тягового усилия приводит к значительному падению к.п.д.

6. Мощность двигателя автотягача МАЗ-501 недостаточна и не соответствует эффективной работе его двигателей. Она ограничивает рост к.п.д. до 0,6 и не позволяет работать на III передаче в оптимальном диапазоне тягового усилия.

Поступила в редакцию  
18 февраля 1964 г.

УДК 627.231 : 634.982.54

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЖАЩЕЙ СИЛЫ ВИНТОВЫХ ЯКОРЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА, РАЗВИВАЕМОГО ПРИ ИХ УСТАНОВКЕ

И. Я. БЕЙЛИН

Аспирант

(ЦНИИЛесосплава)

Винтовые якоря в настоящее время получили значительное распространение на речном и морском транспорте, в гидротехническом строительстве, при строительстве портов и т. д. На лесосплаве они применяются при установке запаней, сортировочных и формировочных устройств, молепроводов и других наплавных сооружений. Основной причиной, ограничивающей более широкое распространение винтовых якорей, является тяжелый ручной труд при их погружении в грунт. Для заглубления якоря с лопастями диаметром 0,5 м вручную требуется не менее 12 рабочих. Глубина погружения обычно не превышает 3 м, поэтому при размываемых грунтах часто наблюдается подмыв якорей, а следовательно, и утрата опорных точек.

В довоенные годы ЦНИИЛесосплава разработал упрощенную конструкцию этих якорей и технологию погружения их в грунт при помощи специального трубчатого ключа, приводимого во вращение вручную с помощью аншпугов. Одновременно с этим ученые ЦНИИЛесосплава проделали большую работу по созданию теории и определению оптимальных параметров винтовых якорей. В результате опытов как в лабораторных, так и в натуральных условиях [4] была выведена эмпирическая формула, устанавливающая зависимость между допускаемой нагрузкой  $P_{\text{доп}}$  (при вертикальном положении шейки), диаметром лопастей якоря  $D$ , глубиной его погружения  $H$ , углом внутреннего трения грунта и объемным весом грунта  $\gamma$

$$P_{\text{доп}} = \frac{1}{\mu} \left[ \gamma \frac{\pi D^2}{4} H + 0,5 \gamma \pi D H^2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right], \quad (1)$$

где  $\mu$  — коэффициент запаса прочности, принимаемый для винтовых якорей равным 1,75.

В результате работ научно-исследовательского сектора ЛИИВТа [2] была предложена следующая зависимость для нахождения крутящего момента, отражающая сущность физического процесса при завинчивании винтовой лопасти:

$$M_{\text{кр}} = \frac{\pi}{8} \gamma H (D + d) D^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} (m + \varphi), \quad (2)$$

где  $m = \frac{t}{D} = 0,28$  ( $t$  — шаг винтовой лопасти);

$d$  — наружный диаметр трубчатого ключа.

Из приведенных формул видно, что на величину допускаемой нагрузки и крутящего момента большое влияние оказывает глубина погружения якоря в грунт.

Эксперименты и исследования, проведенные в последнее время несколькими организациями и отдельными исследователями, показали несоответствие расчетных и фактических величин держащих сил и крутящих моментов. Это несоответствие вызвано отсутствием точных данных о свойствах всех пластов грунта, проходимых винтовой лопастью якоря, и принятом случайных значений  $\varphi$  и  $\gamma$ .

Предложенные эмпирические формулы держащей силы и крутящего момента не учитывают неоднородности залегания различных пластов грунта при завинчивании одного и того же якоря или винтовой сваи. При использовании этих формул предполагается обязательное знание важнейших характеристик грунта — угла внутреннего трения  $\varphi$  и объемного веса  $\gamma$ , то есть обязательное выполнение обычных геологических изысканий. Пренебрежение этим обстоятельством или условное распространение качеств поверхностных слоев грунта на всю глубину погружения винтового якоря ведет к грубым ошибкам и просчетам. Последнее значительно снижает эффект применения винтовых якорей из-за относительной сложности, дороговизны и длительности геологических изысканий, а также вспомогательных и подготовительных работ, связанных с ними. Достаточно отметить, что стоимость работ при выполнении геологического разреза намного превышает стоимость работ при механизированном заглублении винтового якоря.

Сопоставление результатов экспериментов, проведенных ЦНИИСом [3], ЦНИИЛесосплава, фундаментпроектом и другими организациями, подтверждает предположение о том, что величина крутящего момента с известной степенью точности характеризует допускаемую нагрузку  $P_{\text{доп}}$  винтового якоря или сваи на выдергивание.

Для установления функциональной зависимости  $P_{\text{доп}} = f(M_{\text{кр}})$  рассмотрим и преобразуем формулу (1), приведенную в официальной инструкции [1] и являющуюся основным руководством в течение многих лет при проектировании донных винтовых опор

$$\begin{aligned} P_{\text{доп}} &= \frac{1}{\mu} \left[ \gamma \frac{\pi D^2}{4} H + 0,5 \gamma \pi D H^2 \cdot \text{tg} \varphi \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{\mu} \gamma \pi D H (0,25 D + 0,57 H). \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь величину угла  $\varphi$  внутреннего трения для средних по прочности грунтов можно принять равной  $25^\circ$ . Тогда  $\text{tg} \varphi = 0,466$ , а коэффициент отпора грунта  $\text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 2,46$ . Принятие среднего значения при выводе функциональной зависимости  $P_{\text{доп}} = f(M_{\text{кр}})$  оправдано тем, что значение этой величины оказывает влияние как на числитель, так и на знаменатель последующих формул. Получаемая при этом погрешность не выходит за пределы необходимой точности расчета, что видно из приведенных примеров.

Аналогично преобразуем формулу (2)

$$\begin{aligned} M_{\text{кр}} &= \frac{\pi}{8} \gamma H (D + d) D^2 \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \text{tg} (m + \varphi) = \\ &= 0,264 \gamma \pi H D^2 (D + d). \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда отношение допускаемой держащей силы к крутящему моменту

$$\frac{P_{\text{доп}}}{M_{\text{кр}}} = \frac{\frac{1}{\mu} \gamma \pi D H (0,25D + 0,57H)}{0,264 \gamma \pi H D^2 (D + d)} = \frac{0,54D + 1,23H}{D(D + d)}, \quad (5)$$

откуда

$$P_{\text{доп}} = \frac{M_{\text{кр}} (0,54D + 1,23H)}{D(D + d)}. \quad (6)$$

Установление такой зависимости позволяет избавиться от необходимости предварительных геологических изысканий. При этом в процессе механизированного завинчивания якоря замеряют крутящий момент любым из существующих методов (например, по расходуемой мощности привода установки, или по усилию в оттяжке крепления плавучего основания, или по углу скручивания трубчатого ключа и пр.). Держащую силу винтового якоря можно легко определить в функции от величины  $M_{\text{кр}}$  по формуле (6). Прибор, например, ваттметр, регистрирующий затрачиваемую мощность или крутящий момент при погружении в грунт винтового якоря, непосредственно тарируют на допускаемую нагрузку и кинематически связывают с механизмом подачи трубчатого ключа.

Таким образом, в любой момент завинчивания на приборе измеряют и фиксируют держащую силу винтового якоря, меняющуюся в зависимости от прочностных свойств того или иного пласта грунта.

При ручном методе завинчивания способ определения держащей силы винтовых якорей в зависимости от крутящего момента может быть также с успехом использован. В этом случае для измерения крутящего момента в трособлочную систему или непосредственно на аншпуги устанавливают динамометр, через который и передаются усилия рабочих. Подставляя в формулу (6) значения крутящего момента  $M_{\text{кр}}$  можно найти держащую силу на данной глубине погружения ( $D$  и  $d = \text{const}$  для данного винтового якоря;  $H$  определяют по длине погруженного в грунт трубчатого ключа).

В качестве обоснования принятия  $\varphi_{\text{ср}} = 25^\circ$  можно привести следующие данные.

1. При  $\varphi = 40^\circ$ , что соответствует прочным грунтам (гравий, галька, каменная наброска, твердопластичные глины и суглинки и т. д.), формула (6) приняла бы вид

$$P_{\text{доп}} (\varphi = 40^\circ) = \frac{M_{\text{кр}} (0,17D + 1,31H)}{D(D + d)}. \quad (7)$$

2. При  $\varphi = 20^\circ$ , что соответствует слабым грунтам (пластичные глины, пылеватые пески, супеси и т. д.), формула (6) приняла бы вид

$$P_{\text{доп}} (\varphi = 20^\circ) = \frac{M_{\text{кр}} (0,78D + 1,16H)}{D(D + d)}. \quad (8)$$

Тогда на типовом примере нетрудно показать, что при расчете по формулам (6), (7), (8) и при  $M_{\text{кр}} = 2 \text{ Тм}$ ;  $D = 0,5 \text{ м}$ ;  $d = 0,15 \text{ м}$ ;  $H = 5 \text{ м}$ ; получим  $P_{\text{доп}} (\varphi = 25^\circ) = 39,88 \text{ Т}$ ;  $P_{\text{доп}} (\varphi = 40^\circ) = 40,89 \text{ Т}$ ;  $P_{\text{доп}} (\varphi = 20^\circ) = 38,13 \text{ Т}$ . Наибольшее отклонение от принятого нами среднего значения  $P_{\text{доп}} (\varphi = 25^\circ)$  составит менее 5%.

Принимая во внимание, что по изложенным выше причинам ошибки при расчетах по эмпирическим формулам (1) и (2) часто достигают 100% и более от их абсолютных величин, а также трудность точного определения (даже в лабораторных условиях) угла внутреннего трения

$\varphi$  всех по глубине пластов грунта, считаем, что погрешность, получаемая при расчетах по формуле (6), находится в пределах достаточной точности.

В ходе опытов было также установлено, что эмпирическая формула для определения крутящего момента, рекомендованная специальными техническими условиями ТУВС-55,

$$M_{кр} = 1,6d^2 \Sigma H \tau_{гр} + k_1 a D, \quad (9)$$

где  $d$  — наружный диаметр трубчатого ключа или ствола винтовой сваи;

$H$  — глубина погружения винтовой лопасти;

$\tau_{гр}$  — допускаемое напряжение трения боковой поверхности трубчатого ключа или ствола сваи о грунт;

$k_1$  — коэффициент, учитывающий плотность грунта, проходимого лопастью;

$a$  — шаг винтовой лопасти;

$D$  — диаметр винтовой лопасти,

хотя и удобна для практического использования, благодаря простоте и малому числу членов, но из-за значительных расхождений величин, вычисленных по формуле и фактически замеренных при завинчивании (особенно для больших диаметров винтовых лопастей) не дают оснований для ее использования в инженерной практике. Кроме того, при выводе зависимости (6) было использовано наличие в эмпирических формулах (1) и (2) одних и тех же членов  $\varphi$  и  $\gamma$ , выражающих свойства грунта. При этом  $\gamma$  математически сокращается, а величина  $\varphi$ , воздействующая как на числитель, так и на знаменатель последующих формул, участвующих в выводе зависимости (6), не оказывает практического влияния на величину держащей силы, что было показано на примерах. Поэтому в настоящей работе использована формула ЛИИВТа (2).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Инструкция по расчету и установке металлических винтовых якорей. Гослестехиздат, 1940. [2]. Б. Ю. Калинин. Теоретические соображения по расчету винтовых свай. Труды Ленинградского института инженеров водного транспорта, изд-во Минречфлота СССР, 1947. [3]. Е. П. Крюков. Экспериментальные исследования несущей способности винтовых свай на выдергивание. Трансжелдориздат, 1962. [4]. Е. М. Некрасов. Опыт применения винтовых якорей на лесосплаве. Гослестехиздат, 1940.

Поступила в редакцию  
29 июня 1964 г.

УДК 634.0375.12

## ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ В ТРОСАХ ВОЗДУШНО-ТРЕЛЕВОЧНЫХ УСТАНОВОК ВТУ-3 ПРИ ПОДЪЕМЕ ГРУЗА К КАРЕТКЕ

И. СТАН

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Отличительной особенностью рабочего процесса ВТУ-3 является то, что сформированная пачка древесины поднимается к каретке специальной лебедкой с помощью тягового троса. При подъеме пачки, когда тарелка грузового крюка ударяется о рычаги выключения каретки, происходит сцепление грузового крюка с кареткой. В этот момент барабан лебедки должен выключаться. Однако относительно большое расстояние от лебедки до стопора, закрепленного на несущем тросе, а иногда и плохая видимость, делают невозможной выключение барабана одновременно со сцеплением грузового крюка с кареткой. Если барабан выключается раньше, то под действием собственного веса груз пойдет вниз, а при его торможении, в результате колебания системы, возникают большие динамические усилия в тяговом и несущем тросах, а также в элементах лебедки. Поэтому лебедчик, стараясь избежать этого, обычно выключает барабан с некоторым опозданием. При этом наблюдается так называемый «переподъем» груза (рис. 1). Грузовой крюк

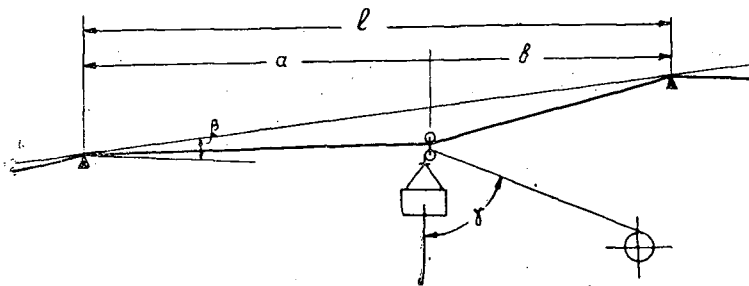


Рис. 1. Схема сцепления грузового крюка с кареткой.

тягового троса упирается в каретку, вследствие чего груз останавливается, в то время как другой конец тягового троса продолжает накручиваться на барабан. В результате усилия в тяговом и несущем тросах достигают величин, значительно превышающих усилия, создаваемые весом груза, что может привести к обрыву тросов. С другой стороны, значительную перегрузку испытывают двигатель, лебедка и каретка.

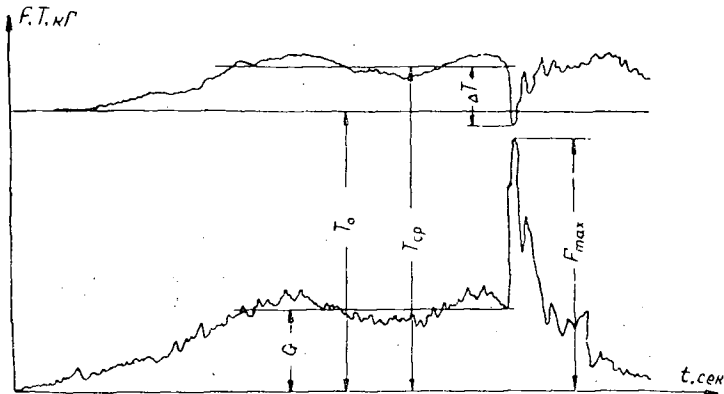


Рис. 2. Осциллограмма усилий в тросах ВТУ-3 при подъеме пачки к каретке.

$F$  — усилие в тяговом тросе;  $T$  — натяжение несущего троса;  $T_0$  — монтажное натяжение несущего троса;  $T_{ср}$  — среднее натяжение несущего троса при подъеме пачки;  $t$  — время.

На рис. 2 изображена типичная осциллограмма изменения усилий в несущем и тяговом тросах при подъеме пачки к каретке. Осциллограмма получена при изменении усилий в тросах установки ВТУ-3 со следующими данными: диаметр несущего каната (ГОСТ 3070—55) — 31 мм; диаметр тягового каната (ГОСТ 3070—55) — 12,5 мм; общая горизонтальная длина несущего каната (сумма длин пролетов от нижней до верхней опоры)  $L = 657$  м; средний угол наклона несущего каната  $\beta = 11^\circ$ ; длина тягового каната  $L_T = 80$  м, угол наклона тягового троса к вертикали  $\gamma = 85^\circ$ ; монтажное натяжение несущего каната  $T_0 = 12000$  кг; вес груза  $G = 1200$  кг. Стопор был установлен в максимальном пролете на расстоянии 60 м от верхней опоры. Подъем груза осуществляли с помощью лебедки Л-60 (с двигателем ГАЗ-51) со скоростью  $v = 1,95$  м/сек.

Усилие в несущем канате измеряли динамометром с проволочными датчиками, установленным у верхней анкерной опоры. Для измерения усилия в тяговом канате использовали специальную динамометрическую каретку с проволочными датчиками.

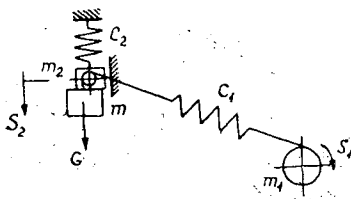


Рис. 3. Приведенная схема для расчета динамических усилий в тросах ВТУ при переподъеме.

Динамические усилия в тросах при переподъеме зависят от жесткости тросов, от величины движущихся масс, от скорости подъема груза, а также от энергии, запасенной маховыми массами лебедки. Наибольшей величины усилие достигает в том случае, когда двигатель глохнет вследствие несвоевременного выключения барабана.

Расчетная схема при переподъеме представлена на рис. 3. Используя принцип д'Аламбера, напишем уравнения движения системы

$$\left. \begin{aligned} m_1 \frac{d^2 S_1}{dt^2} - F &= G + P_{(t)}; \\ (m + m_2) \frac{d^2 S_2}{dt^2} + c_2 S_2 - F \cos \gamma &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$



- где  $m_1$  — приведенная к ободу барабана масса привода установки,  $\text{кгсек}^2/\text{м}$ ;  
 $m$  — масса груза (пачки древесины),  $\text{кгсек}^2/\text{м}$ ;  
 $m_2$  — приведенная к точке установки стопора масса несущего троса и каретки,  $\text{кгсек}^2/\text{м}$ ;  
 $s_1$  — перемещение массы  $m_1$ ,  $\text{м}$ ;  
 $s_2$  — перемещение масс  $(m + m_2)$ ,  $\text{м}$ ;  
 $c_2$  — приведенная жесткость несущего каната в вертикальном направлении,  $\text{кг}/\text{м}$ ;  
 $F$  — усилие в тяговом тросе,  $\text{кг}$ ;  
 $P_{(t)}$  — избыточное движущее усилие, создаваемое крутящим моментом двигателя, приведенным к ободу барабана,  $\text{кг}$ ;  
 $G$  — вес груза,  $\text{кг}$ ;  
 $\gamma$  — угол наклона тягового троса к вертикали.

Приведенную массу несущего троса в точке установки стопора с учетом массы каретки и стопора находим по формуле [3], [4]

$$m_2 = \frac{1}{g} \left( \zeta \frac{ql}{\cos \beta} + p \right), \quad (2)$$

- где  $g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{сек}^2$ ;  
 $q$  — вес погонного метра несущего троса,  $\text{кг}/\text{м}$ ;  
 $l$  — длина нагруженного пролета,  $\text{м}$ ;  
 $\beta$  — угол наклона хорды пролета к горизонту,  $\text{град.}$ ;  
 $\zeta$  — коэффициент приведения массы несущего троса;  
 $p$  — вес каретки с крюком и стопора.

Коэффициент  $\zeta$  берут по графику (рис. 4) в зависимости от положения стопора в пролете и отношения  $r = \frac{G \cos \beta}{ql}$ .

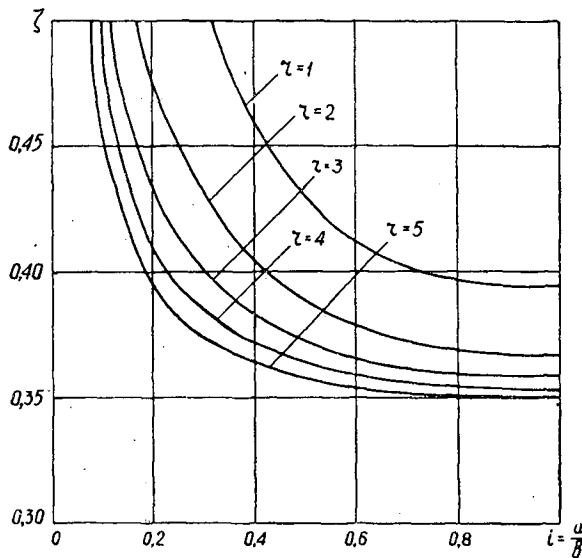


Рис. 4. График для определения коэффициента  $\zeta$ .

При приведении массы несущего троса к точке установки стопора учитывают только массу несущего троса загруженного пролета. Массу троса из остальных пролетов не принимают во внимание вследствие ее малого влияния на движение приведенной массы загруженного пролета.

Приведенную жесткость несущего каната  $c_2$  определяют по формуле

$$c_2 = \frac{Tl \cos \beta}{ab} + \frac{q l G E_H F_H}{T^2 L \cos \beta} \left( \frac{G \cos \beta}{q l} + 1 \right), \quad (3)$$

где  $T$  — натяжение несущего каната,  $\kappa\Gamma$ ;  
 $a, b$  — расстояния от стопора до опор пролета,  $m$ ;  
 $E_H$  — модуль упругости несущего каната,  $\kappa\Gamma/cm^2$ ;  
 $F_H$  — площадь металлического сечения несущего каната,  $cm^2$ ;  
 $L$  — общая длина несущего каната по горизонтали,  $m$ .

Решение системы (1) зависит от вида функции  $P_{(t)}$ . В тех случаях, когда в процессе стопорения (переподъема) муфта лебедки не проскальзывает при перегрузках, характер изменения движущего усилия определяется механической характеристикой двигателя лебедки.

Механические характеристики двигателей внутреннего сгорания в случае их приведения к виду  $P = f(t)$  имеют сложную форму, которую с достаточной точностью нельзя выразить аналитической зависимостью, позволяющей получить решение дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в общем виде. Однако, как показывают опыты, проведенные Д. П. Волковым [2], наибольшее влияние на величину динамических нагрузок при стопорениях оказывает момент инерции движущихся масс двигателя, а не характер изменения его характеристики. Поэтому с достаточной для практики точностью при учете влияния характера изменения движущего усилия  $P_{(t)}$  на величину максимальных динамических усилий в тросах при стопорении, можно не прибегать к громоздким методам решения дифференциальных уравнений по участкам (в случае точного учета влияния изменения движущего усилия), а пользоваться аналитическими зависимостями, приближенно описывающими характеристики  $P = f(t)$  двигателей при стопорениях.

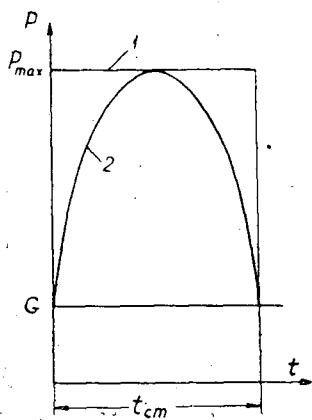


Рис. 5. Приближенные характеристики двигателей внутреннего сгорания при стопорении.

В результате изучения механических характеристик основных типов двигателей при стопорении Д. П. Волков [2] пришел к выводу, что для двигателей внутреннего сгорания характеристика  $P = f(t)$  при стопорении располагается между характеристикой 1 (рис. 5)  $P_{(t)} = P_{max} - G$  и характеристикой 2, являющейся синусоидальной кривой  $P_{(t)} = (P_{max} - G) \sin \frac{\pi t}{t_{ст}}$ , причем время стопорения  $t_{ст} = \frac{1}{4} \tau$  (где  $\tau$  — период колебаний).

Рассмотрим динамические усилия в тросах ВТУ-3 для случая остановки двигателя при  $P_{(t)} = P_{max} - G$ . Усилие в тяговом тросе можно выразить следующей формулой:

$$F = c_1 (s_1 - \cos \gamma s_2), \quad (4)$$

где  $c_1$  — приведенная жесткость тягового троса,  $\kappa\Gamma/m$ .

Приведенную жесткость тягового троса с учетом жесткости несущего троса в направлении движения первого приближенно можно определить по формуле

$$c_1 = \frac{E_T F_T}{l_T + l_H \frac{E_T F_T}{E_H F_H} \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos^2 \beta \cdot \sin(\gamma - \beta)}}$$

где  $E_T$  — модуль упругости тягового троса,  $\kappa\Gamma/\text{м}$ ;

$F_T$  — площадь металлического сечения тягового троса,  $\text{см}^2$ ;

$l_T$  — длина тягового троса,  $\text{м}$ ;

$l_H$  — длина несущего троса от нижней анкерной опоры до стопора.

Подставляя в систему (1) значение  $F$  из уравнения (4), получаем

$$\left. \begin{aligned} m_1 \frac{d^2 s_1}{dt^2} - c_1 (s_1 - \cos \gamma s_2) &= P_{max}; \\ (m + m_2) \frac{d^2 s_2}{dt^2} + c_2 s_2 - \cos \gamma \cdot c_1 (s_1 - \cos \gamma \cdot s_2) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Уравнение частот системы имеет вид

$$k^4 - \left( \frac{c_1}{m_1} + \frac{c_2 + \cos^2 \gamma c_1}{m + m_2} \right) k^2 + \frac{c_1 c_2}{m_1 (m + m_2)} = 0, \quad (6)$$

откуда

$$k_{1,2} = \frac{1}{2} \left( \frac{c_1}{m_1} + \frac{c_2 + \cos^2 \gamma c_1}{m + m_2} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{c_1}{m_1} + \frac{c_2 + \cos^2 \gamma c_1}{m + m_2} \right)^2 - \frac{c_1 c_2}{m_1 (m + m_2)}}, \quad (7)$$

где  $k_{1,2}$  — круговые частоты колебаний,  $1/\text{сек}$ .

Решая систему дифференциальных уравнений (5), после некоторых преобразований получаем выражения для усилия в тяговом канате  $F$  и вертикальной составляющей динамической нагрузки, действующей на несущий канат  $Q$ , в виде

$$F = \frac{vk_1 (c_1 - k_2^2 m_1)}{k_1^2 - k_2^2} \sin k_1 t - \frac{c_1 - k_2^2 m_1}{m_1 (k_1^2 - k_2^2)} \left( P_{max} - \frac{m_1 k_1^2}{c_1} G \right) \cos k_1 t - \frac{vk_2 (c_1 - k_1^2 m_1)}{k_1^2 - k_2^2} \sin k_2 t + \frac{c_1 - k_1^2 m_1}{m_1 (k_1^2 - k_2^2)} \left( P_{max} - \frac{m_1 k_2^2}{c_1} G \right) \cos k_2 t + P_{max}; \quad (8)$$

$$Q = - \frac{\cos \gamma \cdot v m_1 k_1 k_2^2}{k_1^2 - k_2^2} \sin k_1 t + \frac{\cos \gamma k_2}{k_1^2 - k_2^2} \left( P_{max} - \frac{m_1 k_1^2}{c_1} G \right) \cdot \cos k_1 t - \frac{\cos \gamma v m_1 k_1^2 k_2}{k_1^2 - k_2^2} \sin k_2 t + \frac{\cos \gamma k_1}{k_1^2 - k_2^2} \left( P_{max} - \frac{m_1 k_2^2}{c_1} G \right) \cos k_2 t + P_{max} \cos \gamma. \quad (9)$$

Формулы (8) и (9) показывают, что динамические усилия в тросах в процессе стопорения складываются из максимального движущего усилия  $P_{max}$  (пятый член) и периодических составляющих двух частот (первые четыре члена), которые характеризуют динамику стопорения рассматриваемой системы. При этом первый и третий члены определяют динамические нагрузки от поглощения кинетической энергии движущихся масс привода, а второй и четвертый — динамическое воздействие на несущий трос.

Определение максимальных динамических усилий  $F_{max}$  и  $Q_{max}$  в общем случае требует проведения анализа процесса остановки системы в каждом отдельном случае, так как они могут наступить не в самом конце остановки двигателя.

Максимально возможные усилия определяем в конце стопорения ( $t = t_{ст}$ ) при совпадении пиков колебаний двух частот в виде

$$F_{max} = \frac{v(m_1 k_1 k_2 + c_1)}{k_1 + k_2} + P_{max}; \quad (10)$$

$$Q_{max} = \frac{v m_1 k_1 k_2 \cos \gamma}{k_1 + k_2} + P_{max} \cos \gamma. \quad (11)$$

С учетом предварительного нагружения несущего троса (вес груза), формула (11) получает вид

$$Q_{max} = \frac{v m_1 k_1 k_2 \cos \gamma}{k_1 + k_2} + P_{max} \cos \gamma + G. \quad (12)$$

Если барабан лебедки выключают в момент времени  $0 < t < t_{ст}$ , то усилия  $F$  и  $Q$  нужно определять по формулам (8) и (9), подставляя вместо приведенной массы привода  $m_1$  приведенную массу барабана и намотанного на него троса  $m_6$ . Если же в процессе подъема груза барабан лебедки отключают в самом начале переподъема, то есть одновременно со сцеплением грузового крюка с кареткой, система дифференциальных уравнений (1) принимает вид

$$\left. \begin{aligned} m_6 \frac{d^2 s_1}{dt^2} - F &= 0; \\ (m + m_2) \frac{d^2 s_2}{dt^2} + c_2 s_2 - F \cos \gamma &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

а максимальные значения усилий  $F$  и  $Q$  определяются формулами

$$F_{max} = \frac{k_1^2}{k_1^2 - k_2^2} \cdot \frac{c_1 - k_2^2 m_6}{c_1} \sqrt{G^2 + \frac{v^2 c_1^2}{k_1^2}} + \frac{k_2^2}{k_1^2 - k_2^2} \cdot \frac{c_1 - k_1^2 m_6}{c_1} \sqrt{G^2 + \frac{v^2 c_1^2}{k_1^2}}; \quad (14)$$

$$Q_{max} = \frac{m_6 k_1^2 k_2^2 \cos \gamma}{c_1 (k_1^2 - k_2^2)} \left[ \sqrt{G^2 + \frac{v^2 c_1^2}{k_1^2}} + \sqrt{G^2 + \frac{v^2 c_1^2}{k_2^2}} \right] + G. \quad (15)$$

Анализ значений максимальных усилий при подъеме груза лебедкой Л-70, подсчитанных по зависимостям (12), (13), (14) и (15), показывает следующее.

1. Наибольшие значения усилий в тросах  $F_{max}$  и  $Q_{max}$  в момент сцепления груза к каретке имеют место при остановке двигателя вследствие несвоевременного отключения барабана, причем  $F_{max}$  в таких случаях может в 1,5—4,0 раза превысить значение  $G$ .

2. Выключение барабана одновременно со сцеплением грузового крюка с кареткой снизит до минимума динамические усилия  $F$  и  $Q$ . Так как  $m_6 \ll m_1$ ,  $F_{max}$  мало отличается от  $G$ . Это характеризует наименее опасный случай переподъема. Однако, как мы уже указывали, в эксплуатационных условиях почти невозможно достичь одновременности сцепления грузового крюка с кареткой и выключения барабана. Этого можно было бы достичь с помощью специального рычажного механизма, который автоматически отключал бы стопор (отжимал бы его колодки) одновременно со сцеплением груза с кареткой. Тогда под действием усилия в тяговом тросе каретка с грузом вместе со стопором могли бы некоторое время перемещаться по несущему тросу, не перегружая тяговый и несущий тросы. Такой выключающий механизм спо-

способствовал бы снижению до минимума динамических усилий в тросах и существенному удлинению срока их службы, а также защищал бы от перегрузок двигатель и лебедку.

Уменьшению динамических нагрузок при зацеплении грузового крюка с кареткой может способствовать также устройство у стопора специального амортизатора, предложенного Н. М. Белой и А. Г. Прохоренко [1]. Амортизатор уменьшает жесткость тягового троса, а это, как видно из выражений (10), (12), (14) и (15), уменьшает значения  $F$  и  $Q$ .

Высказанные предложения также относятся и к бесстопорным кареткам (АК-3), поскольку последние работают по такому же принципу. Их выключающий механизм должен быть встроен в самой каретке.

Проведенный анализ и высказанные предложения могут быть полезны для конструкторов, проектирующих новые виды воздушно-трелевочных установок и улучшающих конструкции существующих.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко. Исследование прочности тросов воздушно-трелевочной установки ВТУ-15. Журн. «Лесоинженерное дело» № 4, 1958. [2]. Д. П. Волков. Динамические нагрузки в универсальных экскаваторах-кранах, 1958. [3]. Н. Н. П л о д о в и т о в. Динамические явления в несущем канате кабельного крана при разгрузке бадьи с бетоном. Диссертация, Л., 1953. [4]. В. Г. Рекач. Приложение теории колебаний гибких нитей к расчету подвесных канатных дорог. Труды Московского инженерно-строительного института им. Куйбышева, № 2, 1939.

Поступила в редакцию  
5 ноября 1964 г.

УДК 621.43 (634.0.307)

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Я. В. СЛОДКЕВИЧ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Характерным направлением современного двигателестроения является дальнейшее увеличение литровой мощности и повышение экономичности поршневых двигателей внутреннего сгорания. Для двигателей большой и средней мощности эти задачи успешно решаются путем применения газотурбинного наддува.

Для того чтобы наддув маломощных и газогенераторных двигателей получил широкое распространение, необходимо разработать более простые и в то же время достаточно эффективные способы по сравнению с механическим или газотурбинным наддувом.

Одним из возможных решений является применение акустического (инерционного или резонансного) наддува. Для осуществления его не нужно каких-либо новых агрегатов. Достаточно изменить конструкцию системы впуска: удлинить впускные трубопроводы до оптимальных размеров. К сожалению, экспериментальный выбор оптимальных размеров связан с необходимостью выполнения трудоемких экспериментов, а аналитическое определение этих размеров невозможно из-за недостаточности разработанной теории акустического наддува.

Существующие методы расчета инерционного и резонансного наддува получены при значительных допущениях и зачастую не подтверждаются опытом. Наиболее полные исследования этого вопроса принадлежат М. А. Хайлову [2]. Ему удалось с минимумом допущений получить расчетное выражение для определения текущего давления во впускном трубопроводе. Однако практическое применение этого уравнения осложнено необходимостью иметь экспериментальные исходные данные о величине коэффициента затухания.

Существенным пробелом в исследованиях акустического наддува следует считать отсутствие работ по определению влияния диаметра впускного трубопровода на его оптимальную длину и эффективность наполнения. Вследствие этого возникло и распространилось мнение, что акустический наддув не может быть использован для быстроходных двигателей. При этом обычно ссылаются на преобладание сопротивлений впускного тракта над эффектом наддува.

Для проверки справедливости этого положения, а также с целью дальнейшего развития представления об акустическом наддуве мы выполнили специальные исследования.

Объектом исследований служил весьма распространенный в лесозаготовительной промышленности четырехтактный быстроходный ди-

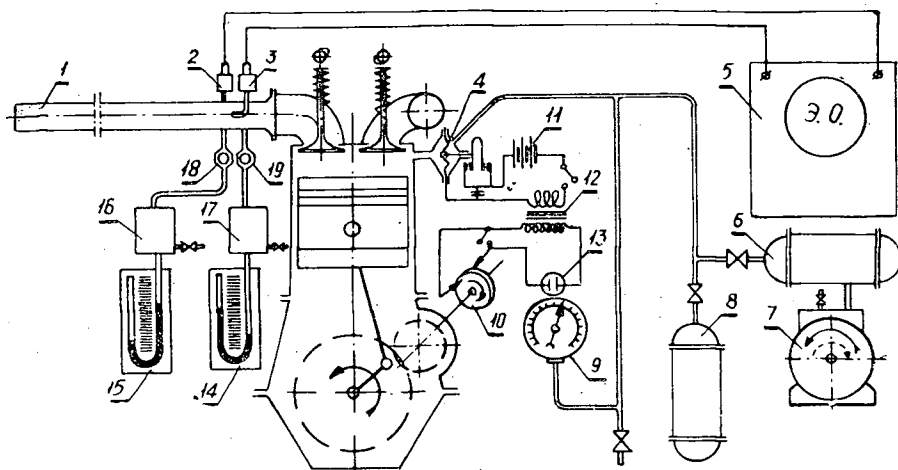


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки.

- 1 — впускной трубопровод; 2 — датчик статического давления; 3 — датчик полного давления; 4 — пневмоэлектрический датчик давления в цилиндре; 5 — электронный осциллограф; 6 — баллон низкого давления; 7 — насос Комовского; 8 — баллон высокого давления; 9 — манометр; 10 — замыкатель высоковольтной цепи; 11 — аккумуляторная батарея; 12 — индукционная катушка; 13 — неоновая лампа; 14 — манометр; 15 — вакуумметр; 16 и 17 — уравнительные сосуды; 18 и 19 — невозвратные клапаны.

зель 1-Д-6 (6Ч 15/18). На базе этого двигателя была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Установка состояла из одноцилиндровой секции двигателя, к впускным клапанам которой присоединяли исследуемый впускной трубопровод.

Для изучения характера колебаний давления в трубопроводе устанавливали пьезокварцевые датчики статического и полного давления. Сигналы от датчиков через электрометрический вход поступали на электронный осциллограф.

Из-за существенной продувки пространства сжатия оказалось невозможно замерить наполнение по расходу воздуха через цилиндр. Поэтому эффективность наддува определяли по основному показателю — давлению начала сжатия  $P_a$  и давлению конца сжатия  $P_c$ . Эти величины замеряли при помощи пневмоэлектрического индикатора ТЛ-3. При этом для увеличения точности замеров давление начала сжатия находили способом замыкания высоковольтной цепи в момент закрытия клапана.

При изменении  $P_c$  индикатор работал в режиме максиметра, так как подача топлива в цилиндр в этом случае прекращалась.

В процессе экспериментов было установлено влияние диаметра (от 41 до 102 мм) и длины (от 1,0 до 3,0 м) уединенных впускных трубопроводов на наполнение цилиндра.

Из полученных данных наибольший интерес представляют кривые изменения давления конца сжатия в зависимости от числа оборотов при различных размерах впускного трубопровода, ибо они косвенно отражают закон изменения наполнения. Эти кривые подтверждают положение о влиянии длины впускного трубопровода на наполнение. При увеличении длины максимум  $P_c$  сдвигается в сторону меньших оборо-

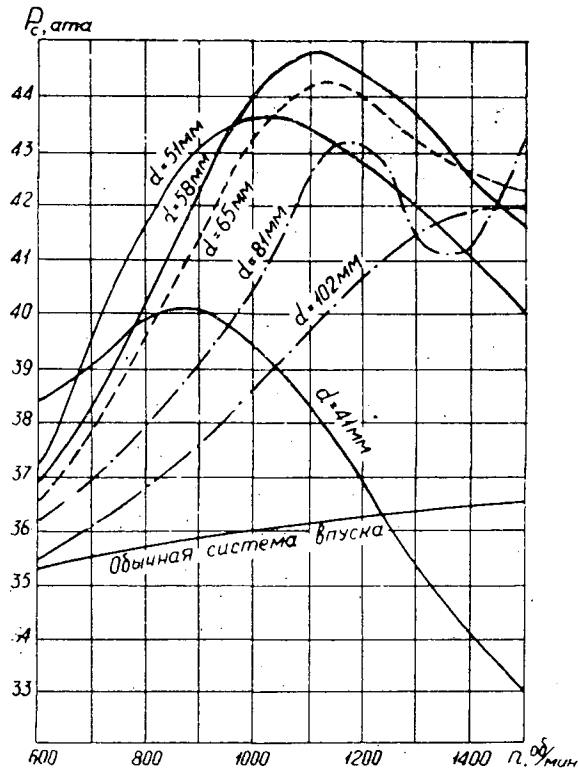


Рис. 2. Кривые изменения давления конца сжатия.

тов. Изменение длины не сильно влияет на абсолютную величину максимального давления конца сжатия.

Гораздо большее влияние на максимальное давление конца сжатия оказывает изменение диаметра. Для примера на рис. 2 показаны кривые  $P_c = f(n)$  при постоянной длине трубопровода ( $l = 2,0$  м), но при различных диаметрах. Анализируя эти кривые, можно отметить, что увеличение диаметра способствует повышению давления конца сжатия. Однако рост  $P_c$  наблюдается при увеличении диаметра до определенной величины, после чего происходит заметное снижение максимального давления конца сжатия. Таким образом, для получения максимального эффекта акустического наддува необходимо выбирать не только оптимальную длину трубопровода (как это отмечается в литературе по данному вопросу), но и находить оптимальный диаметр.

Второй вывод, вытекающий из анализа кривых  $P_c = f(n)$ , заключается в том, что диаметр впускного трубопровода также оказывает влияние на положение максимума  $P_c$  относительно числа оборотов. Этот вывод можно считать новым, ибо теория акустического наддува рекомендует для расчета оптимальной длины трубопровода формулы, в которые диаметр не входит.

Интересно отметить, что диаметр впускного трубопровода оказывает не только количественное, но и качественное влияние на наполнение. На рис. 2 мы видим, что при небольших диаметрах кривые  $P_c = f(n)$  носят плавный характер и имеют по одному ярко выраженному максимуму. При больших диаметрах плавность кривых нарушается. При диаметре 81 мм можно предположить наличие второго



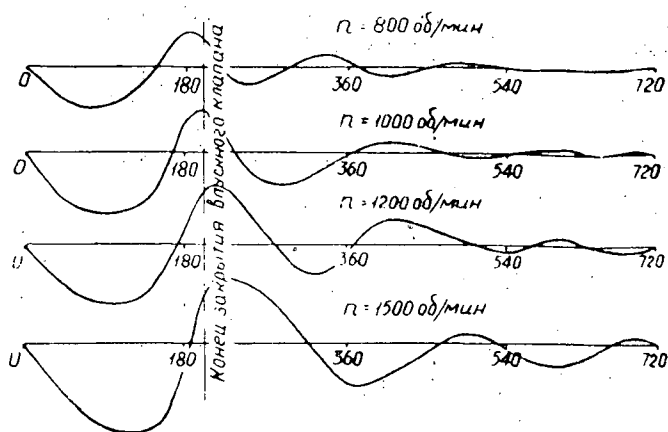


Рис. 3. Осциллограммы колебаний давления во впускном трубопроводе.

максимума при числе оборотов  $n = 1600—1700$  об/мин. Во время экспериментов при других длинах трубопровода неоднократно наблюдалось появление двух максимумов в интервале рабочих оборотов двигателя.

Для объяснения этого явления был исследован характер колебания давления во впускных трубопроводах различных диаметров. Оказалось, что при небольших диаметрах колебания давления к началу впуска практически полностью затухают. На рис. 3 представлены развернутые по углу поворота кривошипа осциллограммы колебания давления в трубопроводе длиной 2 м и диаметром 51 мм. Аналогичные диаграммы получались при диаметрах 41 и 58 мм. При диаметрах больше 58 мм мы уже не наблюдали полного затухания колебаний давления к началу впуска. На этом основании можно предположить, что нарушение плавности кривых  $P_c = f(n)$  при больших диаметрах объясняется наложением на основную волну колебания давления затухающих колебаний предшествующих циклов. В некоторых случаях это способствует росту  $P_c$ , но, как показали опыты, не в состоянии заметно увеличить давление конца сжатия по сравнению с тем, которое получается при оптимальном диаметре, когда колебания предшествующих циклов полностью затухают.

Последний вывод позволяет представить механизм акустического наддува на основании классического учения Н. Е. Жуковского о гидравлическом ударе [1].

В начале впуска под влиянием ускоренного движения газа в трубопроводе около клапана образуется волна пониженного давления. Со скоростью звука она распространяется вдоль оси трубопровода. Достигнув открытого конца трубопровода, она отражается и в виде волны уже повышенного давления возвращается к клапану. Если максимум отраженной волны достигнет клапана в момент его закрытия, то в цилиндре окажется запертым заряд при повышенном давлении, то есть произойдет наддув. Во всех других случаях эффект наддува окажется ослабленным либо наличием обратного выброса, когда максимум отраженной волны достигнет клапана раньше его закрытия, либо неполным использованием энергии волны, если максимальное повышение давления произойдет уже после закрытия клапана.

Эту мысль подтверждает рис. 3, если принять во внимание, что максимальный эффект наддува при данных размерах впускного трубопровода наблюдался при  $n = 1000$  об/мин.

Так как наддув происходит в основном под влиянием волны первого отражения, для расчета можно воспользоваться теорией непрямого гидравлического удара.

Эта теория для случая максимального наддува без учета сопротивлений дает следующую зависимость для определения давления начала сжатия:

$$P_a = P_0 + a\omega\rho, \quad (1)$$

где  $P_0$  — начальное давление в трубопроводе, равное атмосферному;

$a$  — скорость распространения звуковой волны;

$\omega$  — максимальная скорость потока;

$\rho$  — плотность при максимальной скорости.

Максимальную скорость потока можно найти на основании уравнения неразрывности между сечением поршня и начальным сечением трубопровода

$$\omega = 1,57 \frac{S n}{30} \cdot \frac{D^2}{d^2}, \quad (2)$$

где  $S$  — ход поршня;

$D$  — диаметр цилиндра;

$d$  — диаметр трубопровода.

Таким образом, для расчета  $P_a$  остается определить плотность потока в трубопроводе при скорости  $\omega$ , если в нем имеет место прямой гидравлический удар.

Для определения этой плотности воспользуемся уравнением неразрывности для потока переменной плотности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial \omega}{\partial x} + \omega \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0. \quad (3)$$

Допуская, что изменение температуры мало влияет на скорость звука, и, пренебрегая эффектом Допплера, получаем уравнение скорости распространения отдельных фаз волны

$$a = - \frac{\partial x}{\partial t}. \quad (4)$$

Совместное решение уравнений (3) и (4) позволяет получить формулу для расчета интересующей нас плотности потока

$$\rho = \rho_0 \frac{a}{a + \omega}, \quad (5)$$

где  $\rho_0$  — начальная плотность потока, равная плотности окружающей среды.

В реальных условиях эффект увеличения давления начала сжатия будет ослаблен сопротивлениями впускного тракта. Так как роль сопротивлений относительно мала, можно предположить, что они оказывают слабое влияние на изменение плотности потока.

Поэтому окончательная формула для расчета давления начала сжатия может быть записана как

$$P_a = P_0 + a\omega\rho_0 \frac{a}{a + \omega} - \left( \sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{\omega^2}{2} \rho \frac{a}{a + \omega}, \quad (6)$$

где  $\Sigma\zeta$  — суммарный коэффициент местных сопротивлений, отнесенный к максимальной скорости в трубопроводе;

$\lambda$  — коэффициент сопротивлений трения.

Значения  $\zeta$  и  $\lambda$  можно определить по известным из гидродинамики соотношениям и рекомендациям.

Однако следует заметить, что выражение (6) имеет смысл только в случае оптимальной длины трубопровода. Как показали опыты, существующие зависимости для расчета длины не позволяют получить достаточно точного решения. Для ее вычисления мы рекомендуем уточненную формулу

$$l = \frac{a\Delta\varphi}{12\pi} \cdot \frac{a-w}{a+w}, \quad (7)$$

здесь  $\Delta\varphi$  — условный угол двойного блуждания волны. Его величину определяют по выражению

$$\Delta\varphi = 90^\circ + \beta',$$

где  $\beta'$  — угол практического запаздывания закрытия впускного клапана, отсчитанный от НМТ до момента резкого замедления, необходимого для безударной посадки клапана на седло. Ориентировочно угол  $\beta' = \beta - (10 \div 20)^\circ$ . Более точно его величина может быть найдена из диаграммы подъема клапана.

На рис. 4 показано сравнение результатов расчета по формуле (7) с экспериментальными данными. Здесь же можно видеть, какое отклонение получается в случае пользования формулами Капетти или Лутца [3].

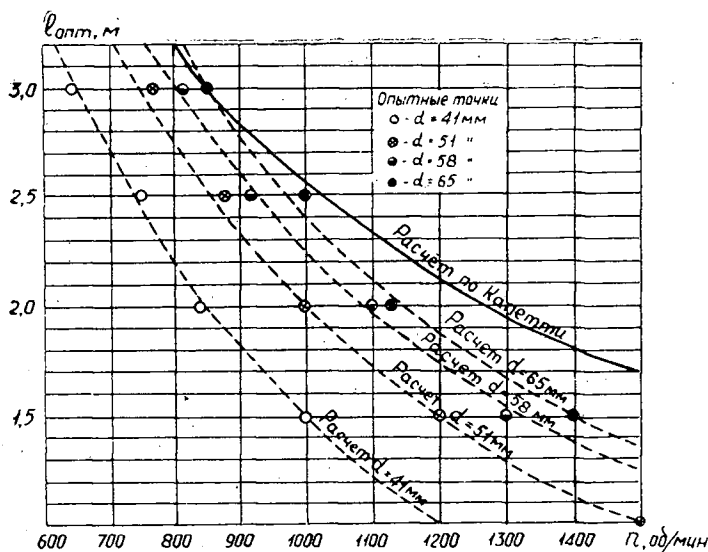


Рис. 4. Сопоставление расчетных и опытных данных по оптимальной длине впускного трубопровода.

Расчеты по формуле (6) с экспериментальными значениями  $P_a$  совпадали хорошо.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования дают право рекомендовать следующий метод для расчета акустического наддува.

Выбирая конструкцию впускного трубопровода и задавая ряд произвольных диаметров, по формулам (6) и (7) вычисляем соответствующие значения давлений начала сжатия. По полученным значениям строим кривую  $P_a = f(d)$ , по которой находим оптимальный диаметр трубопровода. Если последний не совпадает с расчетным, то для него по тем же зависимостям вычисляем оптимальную длину трубопровода и максимальное давление начала сжатия. Повторный расчет  $P_a$  нужен для проверки графического построения.

Пользуясь указанным методом, мы получили значения оптимальных размеров трубопровода, достаточно близко совпадающие с опытными.

По основному параметру наддува — давлению начала сжатия — при помощи обычных методов теплового расчета можно определить увеличение эффективной мощности двигателя. Расчеты показали, что при акустическом наддуве оно достигает 20%.

Экспериментальные исследования подтвердили возможность применения акустического наддува для быстроходных двигателей типа 1-Д-6. При номинальном числе оборотов и оптимальных размерах впускного трубопровода ( $l = 1,35$  м и  $d = 58$  мм) было отмечено повышение давления начала сжатия от 0,93 до 1,15 ата, что позволяет увеличить мощность двигателя от 150 до 180 л. с.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Е. Жуковский. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. Бюллетень политического общества № 5, 1899. [2]. М. А. Хайлов. Расчетное уравнение колебаний давлений во всасывающем трубопроводе. Изд. бюро Новой техники, 1948. [3]. O. L u t z. Berichte o. d. Lab. Verbrennungskraftmaschinen, Stuttgart, 1934.

Поступила в редакцию  
24 ноября 1964 г.

УДК 634.0.377.72

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО  
ШИРОКОКОЛЕЙНОГО СЦЕПА ДЛЯ ВЫВОЗКИ ХЛЫСТОВ****П. П. СУЛХАНОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**П. Н. БУТИН, Л. Н. ПОПОВ**

Инженеры

(Поволжский лесотехнический институт)

Вывозку леса в хлыстах по ширококолейным лесовозным дорогам начали применять с 1960 г. в Сотринском леспромхозе треста Серовлес. Примерно в тот же период осуществил перевозку хлыстов Северодвинский леспромхоз-стройтреста 211, а с 1962 г. и Оусский леспромхоз по железнодорожной магистрали Ивдель — Обь [1], [2].

Для транспортировки леса в хлыстах по железнодорожным дорогам колеи 1524 мм потребовалось изготовление специального или переоборудование существующего подвижного состава.

При длине хлыстов более 20 м сцеп формируется из четырехосных платформ или полувагонов в комбинации с двухосными платформами.

При использовании двухосных платформ для уменьшения свесивания хлыстов с коников необходимо или обрубать вершины хлыстов или разобщать платформы упругими связями-вставками.

Передача продольных усилий непосредственно через пачку хлыстов, применяемых на узкоколейных дорогах, здесь неприемлема в связи с относительно большими нагрузками.

При изготовлении экспериментального сцепа для перевозки хлыстов длиной 23 м внутреннее сцепление двухосных платформ осуществляли с помощью дышла; дополнительно было произведено усиление рам, обеспечивающее равномерную передачу на них сосредоточенной нагрузки.

Основные параметры сцепа и его главные узлы были обоснованы предварительными статическими расчетами, а в связи с многообразием влияющих факторов, особенно динамических, проверены в производственных условиях путем определения динамических нагрузок в наиболее ответственных элементах сцепа.

Испытаниям был подвергнут сцеп с металлическим дышлом (рис. 1), характеристика которого приведена в табл. 1, а общий вид дышла — на рис. 2.

Каждую платформу оборудовали поворотными металлическими кониками, установленными на четырех продольных брусках, смонтированных на платформах.

При исследовании определяли динамические усилия в ударно-упряжных приборах, дышле, его деформацию от изгиба и напряжения в

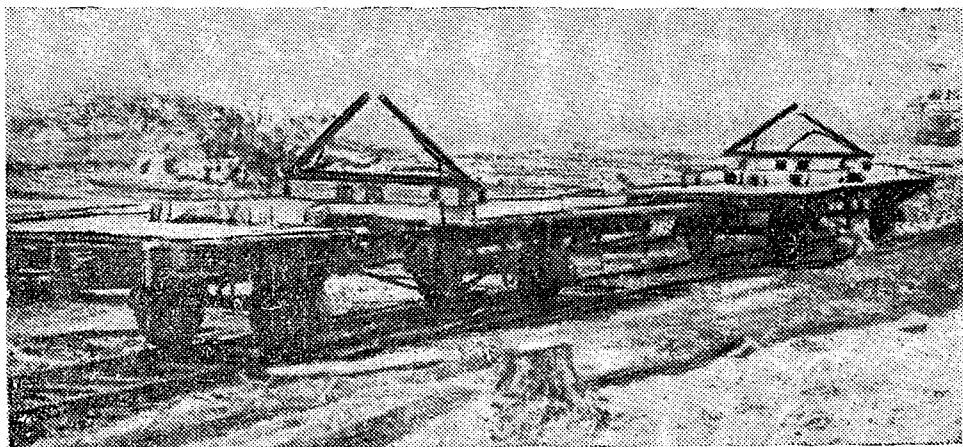


Рис. 1. Снеп из двух двухосных платформ с металлическим дышлом.

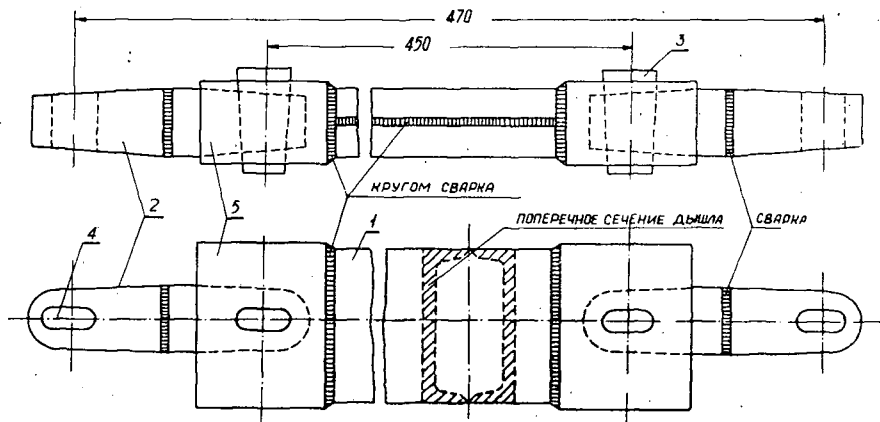


Рис. 2. Схема устройства металлического дышла.

1 — швеллеры № 30; 2 — прицепное устройство; 3 — чека; 4 — отверстие для чеки;  
5 — металлическое усиление.

Таблица 1

Показатели	Единица измерения	Значения показателей
Проектная грузоподъемность	Т	37
Использование паспортной грузоподъемности платформ снепа	%	93
Коэффициент тары	—	0,59
Длина снепа с автосцепкой	м	25,2
Расстояние между кониками	"	15
Длина дышла	"	5
Длина перевозки хлыстов		
минимальная	"	17
максимальная	"	24

боковых швеллерах рам платформ от сосредоточенной нагрузки пачки хлыстов, передающейся через коники снепа при различных режимах его движения.

Экспериментальные работы выполнены электротензометрическим методом. Искомые механические величины определялись величиной ординат на осциллограмме с учетом масштаба записи, определяемого специальной тарировкой.

Для измерения деформаций использовали тензодатчики типа ПБ с базой 20 мм и сопротивлением 200 ом, включенные по схеме равноплечего моста с учетом ее чувствительности к соответствующим деформациям.

Усилия, возникающие в ударно-упряжных приборах, измеряли электротензометрическим динамометром, смонтированным на хвостовике автосцепки, для чего на каждой из четырех граней хвостовика выфрезеровывали углубления, в которые наклеивали по два тензодатчика: один (рабочий) — вдоль оси хвостовика, а другой (компенсационный) — перпендикулярно ей (рис. 3, а). Все восемь тензодатчиков собирали в мост (рис. 3, б) с использованием всех четырех его плечей. При таком размещении и включении тензодатчиков достигалась наибольшая чувствительность моста к продольным усилиям, а влияние изгибающего и крутящего моментов автоматически исключалось.

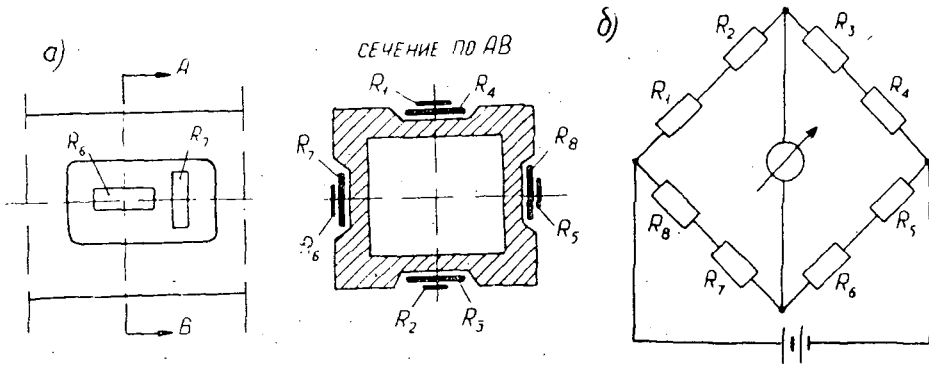


Рис. 3. Схемы расположения и включения тензодатчиков для измерения продольных усилий в автосцепке с исключением изгиба и кручения.

а — схема расположения; б — схема включения.

Для определения масштаба записи динамометра после всех опытов хвостовик был отрезан от корпуса автосцепки, оторцован и подвергнут специальной тарировке на 45-тонном гидравлическом прессе с записью разбаланса моста на кинолентку осциллографа.

Аналогично размещали и включали тензодатчики на дышле для определения продольных усилий.

Для установления величин напряжений, возникающих в рамах платформ сцѣпа, на полках боковых швеллеров наклеивали два рабочих и два компенсационных тензодатчика, которые включали в четыре плеча моста. Тарировку проводили путем нагружения пачки хлыстов на коник сцѣпа с одновременной записью разбалансов мостов на кинолентку осциллографа и измерением деформаций в местах наклейки тензодатчиков с помощью механических тензометров с базой 20 мм, что позволило определить масштабы и напряжения в обоих швеллерах.

Защиту тензодатчиков от влаги осуществляли гидроизоляционной мастикой.

На рис. 4 приведена схема тензометрической установки, обеспечивающая надежную и бесперебойную регистрацию измеряемых величин

во всех режимах движения опытного сцепа. Регистратором служил осциллограф I типа Н-102. Для усиления сигналов, снимаемых с тензометрических приборов, использовали шестиканальный усилитель ТУ-6 переменного тока с несущей частотой 8000 пер/сек.

Вся аппаратура была размещена в специальном вагоне-лаборатории 10 (рис. 5). Во избежание искажений показаний и порчи от толчков при движении вагона ее подвешивали на амортизаторах. Тензодатчики с регистрирующей аппаратурой соединяли с кабелем из одножильных экранированных проводов. Тензометрическая установка питалась от передвижной электростанции 5 переменного тока (рис. 4), размещенной в отдельном вагоне 9 (рис. 5).

Для получения данных о скорости движения опытного сцепа было применено устройство, состоящее из отметчика оборотов колеса 6 (рис. 4) и отметчика времени 7.

При таком устройстве отметчик за один оборот колеса вагона записывал на киноплёнке четыре прерывистые линии. Имея на осциллограмме отметки через определенные промежутки времени и отметки оборотов колеса, получали среднюю линейную скорость движения вагона как частное от деления пройденного пути на время с учетом масштабов их записи.

Металлическое дышло было испытано при трогании, торможении и осаживании поезда из 57 груженых сортирными платформ и опытного сцепа, установленного в голове состава, а также при соударении опытного сцепа с этим же неподвижно стоящим поездом. Регистрирующую аппаратуру включали за несколько секунд до появления продольных переменных усилий в опытном сцепе. Для этого была использована сигнализация машинисту локомотива набором цветных электролампочек 8 (рис. 4) и выключателей 9.

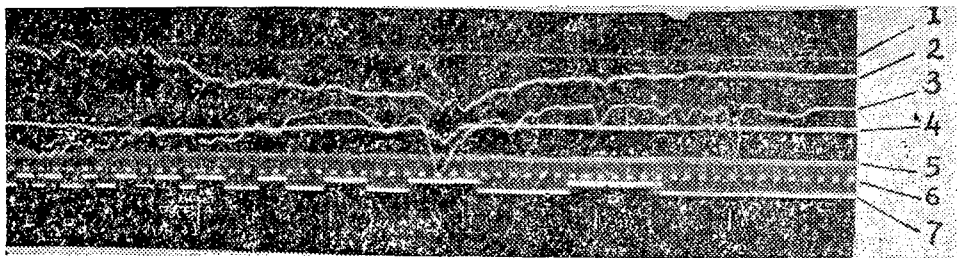


Рис. 6. Образец осциллограммы при трогании поезда, состоящего из 57 вагонов.

1 — кривая напряжения в правом швеллере; 2 — кривая напряжения в левом швеллере;  
3 — динамические усилия в автосцепке; 4 — кривая продольных усилий в дышле; 5 — кривая изгиба дышла; 6 — отметки времени; 7 — отметки оборотов.

Некоторые результаты обработки осциллограмм, подобных изображенной на рис. 6, приведены в табл. 2.

Вследствие излишнего запаса прочности в дышле не удалось расшифровать кривую изгибающих моментов на осциллограмме (см. кривую 5 на рис. 6).

Напряжения в боковых швеллерах рам платформ измеряли при движении опытного сцепа по перегону с различными скоростями. Наибольшие напряжения, равные  $1230 \text{ кг/см}^2$ , были зарегистрированы в правом швеллере при скорости движения  $38 \text{ км/час}$ . Величина коэффициента динамики колебалась в пределах  $0,30 - 0,60$ , что вполне допустимо для случая движения двухосных платформ по пути с удовлетворительным состоянием.



Таблица 2

Режимы движения	Значения усилий ( $T$ ) при изменении скорости движений			
	плавном		резксм	
	в авто-сцепке	в дышле	в авто-сцепке	в дышле
Трогание . . . . .	+24,3	+12,5	+45,4	+29
Торможение . . . . .	-16,7	-7,3	-	-
Осаживание . . . . .	-26,0	-9,0	-37,8	-25,0
Соударение опытного сцепа с неподвижно стоящим составом . . . . .	-	-	-56,4	-38,8

Из изложенного следует, что одним из основных факторов, определяющих параметры сцепов, является длина хлыстов. При длине хлыстов 20—25 м наиболее подходящи сцепы из четырехосной и двухосной платформ. При наличии только двухосных платформ необходимо их разобщение в сцепе, что принципиально может быть выполнено путем включения между нормальными двухосными платформами укороченных платформ без коников, подвесных рам, использования дышл и консольных полудышл, закрепленных на рамах платформ, а также удлинения рам основных платформ.

Наиболее прост и экономичен сцеп с металлическим дышлом, который и был испытан. Эти испытания дали следующие результаты.

Максимальные значения продольных усилий в ударно-упряжных приборах опытного сцепа, установленного в голове поезда из 57 грузовых вагонов, достигли 62,6  $T$  (зафиксировано 2 раза). По подавляющему большинству опытных замеров они находились в пределах от +45,4 до -56,4  $T$ . Теоретический расчет дышла был произведен на нагрузку 80  $T$  (по нормам МПС). Фактические силы, действующие в дышле, достигли максимального значения, равного 50  $T$ , (что соответствовало напряжению 570  $кГ/см^2$ ), а в большинстве случаев были в пределах от +29 до -38,8  $T$ .

Продольные усилия в автосцепке были на 20—30% больше, чем в дышле. Это объясняется тем, что около 20—30% продольной нагрузки расходовалось на упругие деформации и суммарные силы трения пачки хлыстов по коникам (последние были неподвижны).

Как было отмечено выше, изгиб дышла был незначительным благодаря его массивной конструкции. Сцеп с дышлом хорошо вписывался в кривые малого радиуса и имел достаточную устойчивость при движении.

Таким образом, испытания показали достаточную надежность сцепов с металлическим дышлом (так как возникающие динамические нагрузки в основных узлах не выходили за допустимые пределы) и возможность их использования в случае отсутствия четырехосных платформ, при наличии которых опадает необходимость переоборудования сцепных приборов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Соромотин, Н. Д. Лялин. Новая технология лесозаготовок в Сотринском леспромхозе. Гослесбумиздат, 1962. [2]. П. П. Сулханов, П. Н. Бутин. Вывозка леса в хлыстах по железной дороге широкой колеи и перспективы ее применения в Марийской АССР. Сборник работ по обмену производственным и научным опытом в лесной промышленности, Гослесбумиздат, 1963.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 621.921

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ФАКТОРОВ ПРОТОЧКИ АБРАЗИВНЫМ КРУГОМ НА ЯВЛЕНИЕ ПРИЖОГА И СТЕПЕНЬ ГЛАДКОСТИ ПРОТОЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С. М. ТИМОНЕН

Доцент, кандидат технических наук

(Львовский лесотехнический институт)

Мы производили опыты на специально спроектированной и изготовленной установке, позволяющей бесступенчато в нужных пределах изменять окружную скорость абразивного круга, а также в нужных величинах устанавливать скорость продольной подачи и толщину стачиваемого слоя металла с объекта проточки.

В опытах был использован абразивный круг следующей характеристики: форма ЗП, начальный диаметр 250 мм, толщина 8,11 мм. Материал зерен — электрокорунд нормальный, зернистость — 36 (ГОСТ 3647—47), связка — бакелит, твердость СТ<sub>1</sub> испытана на пескоструйном приборе. Объекты проточки — специально заготовленные образцы, имеющие толщину 1,8 мм (рис. 1). Образцы были вырезаны из полотна пилы (стали марки 85ХФ, твердость по Виккерсу 470 — средняя из замеров в 12 местах полотна).

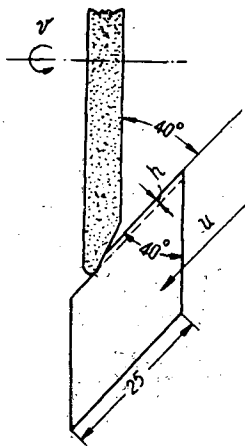


Рис. 1.

В опытной установке абразивный круг получал только вращательное движение, объекту же заточки сообщалось движение продольной подачи и периодическое перемещение в сторону рабочей поверхности абразивного круга для установления нужной толщины стачиваемого слоя металла.

На рис. 1 показаны взаиморасположение и направления движений абразивного круга и объекта проточки в опытах. Во всех опытах последовательно переменными были только режимные факторы проточки — окружная скорость абразивного круга, скорость продольной подачи и толщина стачиваемого слоя материала за одноразовый проход абразивного круга по объекту проточки.

Явление прижога объектов проточки оценивали наличием на них цвета побежалости (засинения) как следствие выраженного значительного нагрева в проточке. Степень прижога было принято характеризовать усредненной величиной линейного замера распространенности засинения. Замер производили через микроскоп с применением микроокуляра.

Для определения толщины стачиваемого слоя металла на боковой поверхности объектов проточек (вблизи их острых углов) была нанесена алмазом легкая риска перпендикулярно протачиваемой грани. Фактическую толщину сточенного в опыте слоя металла устанавливали как разность между линейными размерами риски до и после проточки, с измерением через микроскоп.

Для определения степени гладкости поверхности, образованной проточкой, ее профиль в двух участках при 140-кратном увеличении зарисовывали через прибор МИС-11 с применением рисовального аппарата. Степень гладкости характеризовалась средней величиной неровностей профиля на общей протяженности их зарисовки.

Опыты показали, что на образование и степень прижога объектов проточки влияют все факторы режима производства заточки — окружная скорость абразивного круга  $V$ , скорость продольной подачи  $U$ , толщина стачиваемого слоя металла  $h$ . На рис. 2 показано влияние на явление прижога величин  $V$  и  $h$  при  $U = 5$  м/мин, на рис. 3 — величин  $U$  и  $h$  при  $V = 25,83$  м/сек.

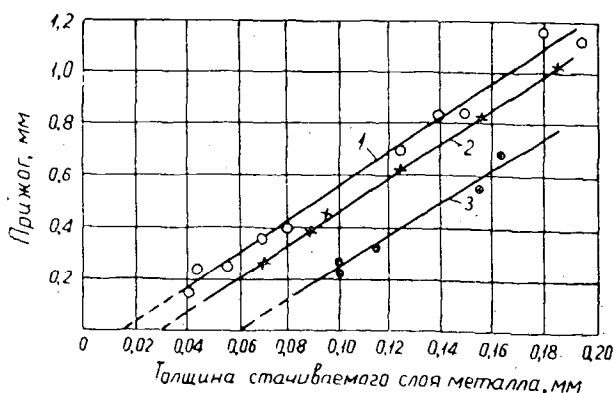


Рис. 2.

1 — при  $V = 30,34$  м/сек; 2 — при  $V = 25,83$  м/сек; 3 — при  $V = 15,75$  м/сек.

Наиболее сильно на появление и степень прижога влияет толщина стачиваемого слоя металла.

Прижог начинает появляться лишь при определенной (в зависимости от величин  $V$  и  $U$ ) толщине стачиваемого слоя металла. Дальнейшее увеличение ее приводит к тому, что прижог принимает отчетливо выраженный характер. Это увеличение приблизительно прямо пропорционально приращению толщины. Так, например, в условиях  $V = 25,83$  м/сек и  $U = 5$  м/мин прижог начинает появляться при  $h = 0,03$  мм. Каждое последующее увеличение толщины стачиваемого слоя металла на  $0,01$  мм приводит к возрастанию прижога (засинения) на  $0,06$  мм.

Изменение величины окружной скорости абразивного круга (рис. 2) не меняет характера и степени влияния на прижог толщины стачиваемого слоя металла. Но с увеличением этой скорости прижог возникает при меньшей толщине стачиваемого слоя, а по абсолютной величине он возрастает.

В наших опытах возрастание окружной скорости абразивного круга на  $5$  м/сек увеличивает прижог на  $0,1$  мм и уменьшает допустимую без явления прижога толщину стачиваемого слоя металла примерно на  $0,01$  мм.

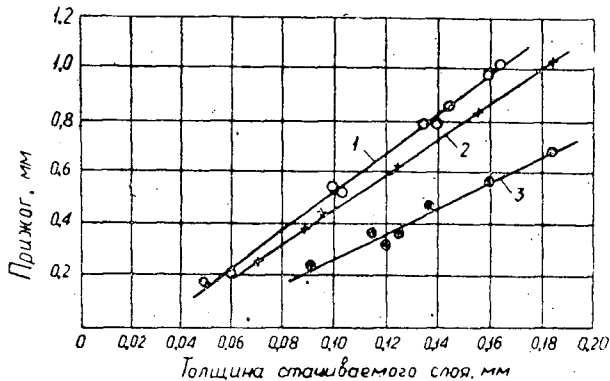


Рис. 3.

1 — при  $U = 2,5$  м/мин; 2 — при  $U = 5,0$  м/мин; 3 — при  $U = 10$  м/мин.

Влияние скорости продольной подачи  $U$  на появление и степень прижога (рис. 3) противоположно влиянию окружной скорости абразивного круга.

С ростом  $U$  прижог уменьшается, а допустимая без явления выраженного прижога толщина стачиваемого слоя металла увеличивается. Так, при  $V = 25,83$  м/сек и  $U = 2,5$  м/мин явление прижога отчетливо и стабильно наблюдалось, начиная с  $h = 0,06$  мм; при  $U = 5,0$  м/мин — начиная с  $h = 0,07$  мм; при  $U = 10,0$  м/мин — с  $h = 0,09$  мм. Увеличение скорости продольной подачи на 1 м/мин уменьшает величину прижога примерно на 5% и увеличивает допустимую (без явлений заметного прижога) толщину стачиваемого слоя металла на 0,004 мм.

Наблюдавшийся в опытах особый характер влияния отдельных режимных факторов на явление прижога объектов заточки можно объяснить следующими положениями.

При увеличении  $V$  и неизменных  $U$  и  $h$  объем металла, стачиваемого за единицу времени, не изменится. Число же шлифзерен, активно производящих работу в единицу времени, возрастет пропорционально увеличению  $V$ ; поэтому тот же объем стачиваемого слоя металла будет превращен в более мелкую стружку. Производимая механическая работа в единицу времени и отвечающее ей теплообразование возрастут. А так как образуемая проточкой поверхность в единицу времени останется неизменной (из-за постоянной  $U$ ), то количество теплоты, приходящейся на единицу образуемой проточкой поверхности, возрастет. В конечном результате с увеличением окружной скорости абразивного круга  $V$  будут возрастать степень нагрева объекта проточки, вероятность появления и величина прижога.

При изменении только величины  $h$  (в частности, в сторону увеличения) поверхность, образуемая проточкой в единицу времени, останется неизменной. Объем же металла, сошлифовываемого в единицу времени, и количество шлифзерен, активно работающих в единицу времени, возрастают прямо пропорционально увеличению  $h$ . Это приведет к тому, что степень измельчения стачиваемого металла останется почти неизменной, но общепроизводимая механическая работа в единицу времени и соответствующее ей теплообразование возрастут. Количество теплоты, приходящейся на единицу площади образуемой проточкой поверхности, увеличится и как результат этого с увеличением толщины  $h$  стачиваемого слоя металла будут возрастать вероятность образования и степень прижога объекта проточки.

В случае увеличения только величины  $U$  количество шлифзерен (зависимое от величин  $V$  и  $h$ ), активно работающих в единицу времени, остается неизменным. Объем же металла, стачиваемого в единицу времени, возрастет прямо пропорционально увеличению  $U$ . При таком положении степень измельчения металла уменьшится, а производимая в единицу времени механическая работа и соответствующее ей теплообразование возрастут, но в меньшей степени по сравнению с увеличением объема стачиваемого металла. Образующая же проточкой в единицу времени поверхность увеличится пропорционально возрастанию  $U$ . В результате этого количество теплоты, приходящейся на единицу площади поверхности проточки, уменьшится, в связи с чем уменьшится и нагрев объекта проточки. Следовательно, с увеличением скорости продольной подачи степень прижога уменьшается.

Для выяснения того, в какой мере наличие прижога у объектов проточки может отражаться на их начальном рабочем состоянии, были произведены следующие опыты.

Образцы, получившие в проточке прижоги в виде выраженного засинения вблизи вершин острых углов, предварительно доводили мелкозернистым бруском примерно до одинаковой остроты (порядка 0,01—0,02 мм). Затем на специальной установке (типа маятникового копра) каждым образцом производили один ударный срез стружки с сухого соснового бруска. Во всех случаях глубина среза 12 мм, подача на проход 5 мм. После этого каждый образец просматривали через микроскоп. При этом наблюдалось, что за редким исключением вершинки образцов оказывались обломанными, иногда с незначительным отгибом. Начальное рабочее состояние заточенного образца было принято характеризовать линейным размером облома вершинки образца (в результате одноразового среза стружки). Замер производили через микроскоп с применением микроокулярной сетки.

Было испытано 72 образца разной степени их прижога в проточках. Результаты даны в табл. 1.

Таблица 1

Группа испытаний	Всего испытано образцов с прижомом, шт.	Границы колебания величины прижога образцов группы, мм	Усредненная величина прижога по всем образцам группы, мм	Усредненная по группе величина излома вершин образцов при ударном срезе стружки, мм
I	8	0,0 — 0,20	0,122	0,027
II	30	0,21 — 0,40	0,302	0,042
III	15	0,41 — 0,60	0,502	0,049
IV	10	0,61 — 0,80	0,718	0,059
V	6	0,81 — 1,00	0,866	0,061
VI	3	1,01 — 1,20	1,110	0,075

Как следует из данных табл. 1, наличие прижога существенно ослабляет сопротивляемость проточенных объектов действию на них внешних нагрузок. В месте прижога происходит их облом, тем больший, чем выше степень прижога, в связи с чем в практике заточки надо всемерно избегать допущения прижога инструментов, особенно вблизи их лезвий, непосредственно воспринимающих силовые нагрузки в работе.

Микроанализ срезанной при проточке стружки в условиях, вызывающих явление прижога, показал, что она имеет форму сплавившихся мелких капель металла. Это свидетельствует о том, что прижог в проточках происходил при весьма высоких температурах нагрева, способных вызвать изменение начальных свойств материала объектов про-

точки. Анализ структуры и твердости образцов в местах их прижога показал, что хотя в них металл и сохранял структуру сорбита, но с заметной обезуглероженостью (как следствие воздействия высокой температуры); твердость материала уменьшилась незначительно. Эти изменения снижали сопротивляемость подоженной части объекта заточки силовым нагрузкам, облом происходил вблизи окончания зоны обезуглерожения металла объекта проточки. Результаты опытов по выявлению влияния режимных факторов на степень гладкости образуемых проточкой поверхностей даны в табл. 2, где через  $\Delta_{\text{ср}}$  обозначена средняя величина микронеровностей проточенной поверхности.

Таблица 2

$V=26,0 \text{ м/сек}$ $U=2,5 \text{ м/мин}$				$U=5,0 \text{ м/мин};$ $h=0,04-0,06 \text{ мм}$		$V=25,83 \text{ м/сек},$ $h=0,04-0,06 \text{ мм}$	
$h, \text{ мм}$	$\Delta_{\text{ср}}, \text{ мк}$	$h, \text{ мм}$	$\Delta_{\text{ср}}, \text{ мк}$	$V, \text{ м/сек}$	$\Delta_{\text{ср}}, \text{ мк}$	$U, \text{ м/мин}$	$\Delta_{\text{ср}}, \text{ мк}$
0, — 0,020	7,0	0,10 — 0,12	6,0	15,75	9,9	2,5	7,1
0,02 — 0,04	8,7	0,12 — 0,14	7,3	25,83	8,9	5,0	8,9
0,04 — 0,06	6,5	0,14 — 0,16	6,1	30,34	7,2	10,0	9,4
0,06 — 0,08	6,3	0,16 — 0,18	7,8	—	—	—	—
0,08 — 0,10	7,2	—	—	—	—	—	—

Из таблицы видно, что с уменьшением  $V$  и увеличением  $U$  гладкость поверхности проточки ухудшается. Наиболее сильно сказывается изменение величины  $V$ , в меньшей степени — изменение  $U$ . Уменьшение величины  $V$  в два раза производит примерно такой же эффект, как увеличение  $U$  в четыре раза. Какой-либо закономерности в изменении степени гладкости с изменением (даже в значительных границах) величины  $h$  не наблюдалось.

Наблюдаемый в опытах особый характер влияния  $V$  и  $U$  можно объяснить следующим. Собственно формирование поверхности проточки (в частности степени ее гладкости) происходит не всеми шлифзернами, срезающими установленной толщины слой металла с объекта проточки, а лишь проходящими по образуемой проточкой поверхности. Чем больше шлифзерен будет проходить через единицу площади образуемой проточкой поверхности, тем более гладкой, с меньшими микронеровностями будет создаваемая проточкой поверхность. Если обозначить через  $m$  число шлифзерен, проходящих через единицу площади образуемой проточкой поверхности, то эта величина не будет зависеть от величины  $h$ . При  $U = \text{const}$   $m$  возрастает с увеличением  $V$ ; при  $V = \text{const}$   $m$  уменьшается с увеличением  $U$ . Как следствие такой зависимости  $m$  от режимных факторов гладкость поверхности проточки не будет ощутимо зависеть от толщины стачиваемого слоя металла  $h$ , она будет улучшаться с увеличением окружной скорости абразивного круга  $V$  и с уменьшением скорости продольной подачи  $U$ .

Проведенные исследования показывают зависимость явления прижога и степени гладкости образуемой проточкой поверхности от окружной скорости абразивного круга, скорости продольной подачи, толщины стачиваемого слоя металла. Соответствующим установлением взаимовеличин названных режимных факторов можно предотвратить явление прижога и получить проточку высокой степени гладкости (чистоты).

УДК 634.0.812.7

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРОТИВ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

**В. В. ПАМФИЛОВ**

Доцент

(Брянский технологический институт)

Механические свойства древесины при ударных нагрузках изучены еще недостаточно, несмотря на их большое теоретическое и практическое значение.

Мы проделали экспериментальную работу по изучению влияния составных образцов из различных древесных пород на механическую прочность древесины при испытании на ударный поперечный изгиб. Для испытания были взяты образцы (с размерами, установленными ГОСТом) из древесины дуба, сосны, ольхи, сосны, березы, составленные из пластин различной толщины. Число пластин в образце изменяли от 1 до 4 штук.

На рис. 1 представлена схема сочетания различных пластин в образце.

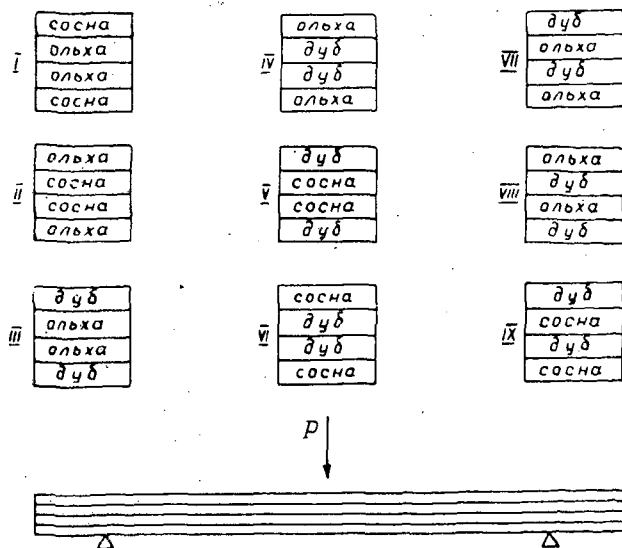


Рис. 1.

В пределах образца пластины после тщательной их фуговки склеивали казеиновым клеем по всей длине (I серия).

Другая серия образцов была подготовлена без детальной обработки поверхности пластин. Эти образцы склеивали только по концам (II серия). Однако заметного изменения прочности при их испытании по сравнению с образцами строгаными мы не обнаружили. Предполагалось получить увеличение прочности за счет дополнительного трения между отдельными пластинами при изгибе.

Испытания на ударный изгиб производили на маятниковом копре МК-30 с фиксацией усилия на опорах (с помощью шлейфового и катодного осциллографов), а также с замером динамической стрелы прогиба\*. Анализ осциллограмм позволил получить большой и интересный материал о характере процесса разрушения, о затраченном усилии и работе. (Осциллографирование производили для каждого образца).

Процесс деформации древесины (независимо от расположения пластин в образце) происходил в строго определенном порядке. Первоначальной деформации сжатия подвергалась пластина, воспринимающая удар молота копра, далее усилие передавалось от одной пластины к другой, вызывая их разрушение. Оно начиналось в зоне растяжения с пластины, расположенной против разрушающего усилия, и заканчивалось пластиной, первоначально воспринявшей удар. Следует отметить, что пластина, воспринимающая удар молота и расположенная в зоне сжатия, независимо от породы разрушалась очень легко с характерным для данного состояния изломом. Характер разрушения образцов свидетельствует о том, что максимальное удлинение пластин наблюдается в зоне растяжения, а минимальное — в зоне сжатия.

При сравнении работы и усилия, необходимого для разрушения сплошных и составных склеенных образцов, можно заметить значительное увеличение работы деформации во втором случае.

На рис. 2 дано графическое изображение максимальной работы разрушения образцов сосны и березы в зависимости от числа составляющих их пластин.

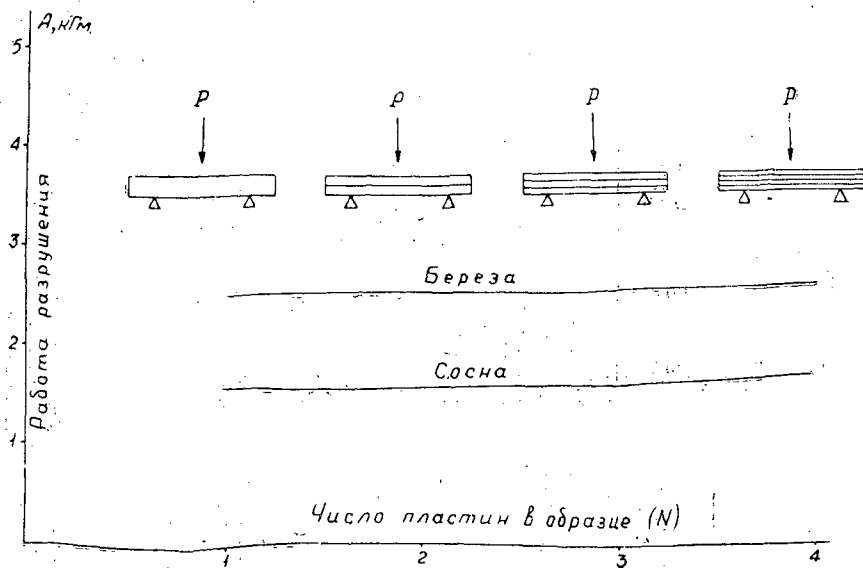


Рис. 2.

\* В. В. Памфилов. Метод учета работы и деформации образца древесины при ударных испытаниях. Журн. «Заводская лаборатория» № 3, 1956.



Результаты испытаний показали, что работа деформации и разрушения зависит не только от числа пластин, способа приложения нагрузки, составляющих пластины пород, но и от способа крепления пластин между собой. Ранее мы отмечали два способа крепления.

В табл. 1 и 2 показаны данные ударных испытаний образцов (размеры  $20 \times 20 \times 300$  мм) в зависимости от характера крепления пластин и сочетания в них древесных пород.

Как видно из табл. 1, максимальная работа деформации наблюдается у составных образцов (склеенных полностью по всей длине), представленных дубом и ольхой.

Таблица 1

Сочетание древесных пород	Работа $A$ , кгм	$A$ —стрела прогиба, мм	Усилие $P$ , кг
Сосна, ольха, ольха, сосна . . .	1,93	12,1	166,3
Ольха, сосна, сосна, ольха . . .	1,40	10,3	161,0
Дуб, ольха, дуб, ольха . . . . .	2,30	11,4	145,3
Ольха, дуб, ольха, дуб . . . . .	2,30	12,1	165,6
Ольха, дуб, дуб, ольха . . . . .	2,16	11,0	157,2
Дуб, ольха, ольха, дуб . . . . .	2,80	11,2	193,2
Дуб, сосна, дуб, сосна . . . . .	2,50	10,4	173,0
Сосна, дуб, дуб, сосна . . . . .	2,24	9,8	167,6
Дуб, сосна, сосна, дуб . . . . .	2,20	10,8	187,6

Таблица 2

Сочетание древесных пород	Работа $A$ , кгм	$A$ —стрела, прогиба, мм	Усилие $P$ , кг
Дуб, сосна, сосна, дуб . . . . .	1,70	18,5	113,5
Сосна, дуб, дуб, сосна . . . . .	1,88	18,2	116,8
Дуб, сосна, дуб, сосна . . . . .	1,85	18,7	80
Ольха, дуб, ольха, дуб . . . . .	1,40	18,9	103
Дуб, ольха, дуб, ольха . . . . .	2,30	17,4	107,3
Дуб, ольха, ольха, дуб . . . . .	2,60	17,9	110,8
Ольха, дуб, дуб, ольха . . . . .	2,42	16,3	94,7
Ольха, сосна, сосна, ольха . . . . .	1,20	15,1	84,5
Сосна, ольха, ольха, сосна . . . . .	1,36	15,9	87,4

В зоне сжатия и растяжения были расположены дубовые пластинки, а в центральной части образца — ольховые.

Большую работу деформации показали образцы с дубовыми пластинами по краям и сосновыми — в центральной части.

Резкое снижение работы деформации и усилия наблюдается при склеивании образцов только по концам. Одновременно с этим можно отметить значительное увеличение динамической стрелы прогиба (до 160%) по сравнению с образцами, полностью склеенными. В данном случае происходит повышение пластичности с заметным снижением разрушающего усилия.

Сравнивая средние показатели разрушающих усилий для двух типов образцов, можно отметить повышение максимально разрушающего усилия (до 168%) для образцов, полностью склеенных. Следовательно, вследствие большого накопления пластических деформаций снижается сопротивляемость их к разрушению и уменьшается энергоемкость.

На осциллограммах хорошо заметно такое уменьшение энергоемкости. Если сопоставить между собой площади осциллограмм, выражающих работу деформации, то различие между ними будет значительное. На рис. 3 представлены осциллограммы разрушения составных образцов, склеенных по всей длине (*I*) и только по концам (*II*). Кривые «усилие — деформация» свидетельствуют о резком различии процесса разрушения образцов. Нарастание усилия для образцов, полностью склеенных, происходит более энергично (рис. 3, *I*). Максимальное усилие достигается в среднем за  $0,0035 \div 0,0040$  сек. Угол наклона кривой по отношению к абсциссе составляет около  $30^\circ$ .

Составные образцы, склеенные только по концам, при разрушении показали большую протяженность в упругой части диаграммы с постепенным переходом в зону пластичности. Кривая деформации весьма плавно поднимается вверх с углом наклона, значительно меньшим (не превышающим  $10^\circ$ ). Время процесса разрушения достигает  $0,0060$  сек (рис. 3, *II*).

Следует отметить, что при осциллографировании были соблюдены все условия для сохранения единого масштабного фактора, независимо от типа образца и его составляющих пластин. Испытания проводили при одних и тех же усилении, частоте, отметке времени и положении развертки, поэтому представленные осциллограммы вполне сопоставимы между собой и практически исключают влияние масштаба.

Анализ цифрового материала показывает не только заметную связь между образцами (с различным сочетанием древесных пород и работой разрушения при ударном изгибе), но и резкое влияние на прочность протяженности склейки.

Большое значение имеет порядок сочетания пород по зонам деформации, а это в свою очередь открывает широкие возможности к использованию малоценных пород в ответственных конструкциях.

Если в зону сжатия поместить пластины, хорошо сопротивляющиеся сжимающим ударным усилиям, а в зону растяжения — древесину, хорошо работающую на растяжение, то общее максимальное разрушающее усилие и работа будут наибольшими и мало зависимыми от древесной породы, находящейся в нейтральной зоне. Как пример, можно взять образцы, составленные из четырех пластин ольхи и дуба (с сочетаниями дуб — ольха, ольха — дуб и ольха — дуб, дуб — ольха). Наибольшая работа разрушения наблюдается при сочетании дуб — ольха, ольха — дуб (123%). Можно взять другой пример с сочетанием дуба и сосны. При расположении пластин дуб — сосна, сосна — дуб работа разрушения будет больше на 112%. Аналогичная картина наблюдается и для образцов, склеенных только по концам.

Указанная закономерность позволяет сделать вывод о возможности использовать древесину малоценных пород (имеющую пониженные физико-механические свойства) в сочетании с более прочной древесиной, без снижения общей сопротивляемости динамическим нагрузкам. В отдельных случаях такое сочетание приводит к повышению прочностной характеристики, а следовательно, желательно для узлов и деталей, воспринимающих ударные нагрузки.

Причина повышения работы разрушения составных образцов, по-видимому, скрыта в характере разрушения отдельных пластин и значительного увеличения деформированного объема как в пределах отдельных пластин, так и в образце в целом.

Проф. Г. И. Погодин-Алексеев (1953) при изучении ударной прочности металлов отмечал резкое увеличение объема деформации составных образцов.

Приведенные ранее осциллограммы показывают заметное возрастание пластической деформации, а, следовательно, и увеличившийся объем древесины, втянутой в деформацию.

В процессе испытания наблюдалось образование и появление трещин, которые, как показал опыт, начинаются с поверхности в виде субмикротрещин. В дальнейшем они быстро развиваются, вызывая необратимые изменения в трахеидах и последующие разрывы фибрилл и их скольжение относительно друг друга. В сплошном образце такая концентрация напряжений быстро разрушает древесину (без дополнительной энергии на разрушение). В данном случае некоторую помощь оказывают и внутренние напряжения, которые при известных условиях обладают большой потенциальной энергией.

В составных образцах процесс образования и развития трещин протекает несколько иначе, так как отдельные элементы бруса, представленные одной и той же или разными породами, создают специфические условия для распространения ударной упругой волны в процессе изгиба, а также вызывают концентрацию напряжений в пределах отдельных пластин (которая завершается их разрушением). Изломы разрушенных образцов наглядно демонстрируют процесс разрыва отдельных пластин и характер погашения развивающейся сети трещин в пределах пластины. Следовательно, разрушение очередной пластины должно начинаться с первоначального образования и развития трещин. Весь этот процесс деформации, протекающей за 0,005—0,007 сек, вызывает частичное перераспределение напряжений (в связи с изменением рабочего сечения бруса), не снижая его прочности; в этом случае наблюдения показали значительное ее повышение.

Акад. Ф. П. Белянкин (1936), анализируя пластические деформации древесины при изгибе, высказал мысль о том, что для наиболее полного использования пластических деформаций в составных сплошных сечениях желательнее несколько усилить растянутый пояс балки. Все это дает возможность немного повысить несущую способность балки при изгибе и тем самым создать соответствующие внутренние напряжения.

В образцах, склеенных только по концам, наблюдается концентрация напряжений в местах склейки, и пластины начинают работать на скалывание и поперечный разрыв. Древесина, не обладая высокой прочностью к этим видам деформации, показывает значительно меньшую величину работы деформации и разрушающего максимального усилия.

В заключение можно отметить, что одним из способов повышения механической стойкости древесины к ударным нагрузкам можно считать рациональное сочетание древесных пород в составных элементах с учетом биологических особенностей и физико-механических свойств древесины. Хорошие результаты получаются при использовании твердодлиственных пород в составных образцах, находящихся в зонах сжатия и растяжения.

УДК 621.935 (621.9.496.01.6)

## НАПРЯЖЕНИЯ В ПОЛОТНЕ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ, ПОДВЕРГНУТЫХ ПОВЕРХНОСТНОМУ НАКЛЕПУ

**И. И. ТРУБНИКОВ**

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

Анализ напряженного состояния полотна ленточных пил [2] показывает, что напряжения от изгиба ленты на шкивах станка достигают 20—22 кг/мм<sup>2</sup> и составляют 50—60% допустимой суммы напряжений. Это подтверждается результатами экспериментов [4]. Максимальное значение растягивающих напряжений от изгиба в поверхностном слое полотна пилы и их циклический характер дают основание считать, что в ряде случаев трещины и обрывы ленточных пил можно объяснять усталостными явлениями в металле пил.

Известно, что с целью повышения усталостной прочности деталей в машиностроении широко применяют различные способы поверхностного наклепа. Последний не только изменяет механические свойства в наклепанном слое, но и создает благоприятные сжимающие напряжения в нем, что особенно эффективно при упрочнении деталей с повышенной твердостью.

С целью выявления возможности упрочнения полотна ленточных пил при помощи поверхностного наклепа мы исследовали напряжения, возникающие при различных режимах наклепа. Наклеп осуществляли по следующей технологии. Под нижним шкивом ленточнопильного станка «Стеннер», установленного на Красноярском ДОКе, было смонтировано приспособление, рабочим органом которого является стальной закаленный ролик, имеющий диаметр 60 мм и ширину контактного пояса 0,4 мм. Давление ролика измеряется электротензометром. Ролик прижимается к пиле, вращающейся на шкивах станка, и получает поперечную подачу, обеспечивая сплошной поверхностный наклеп.

Для получения образцов пильная лента толщиной 1,62 мм и шириной 230 мм была подвергнута наклепу, причем давление ролика по ширине пилы меняли от 75 до 200 кг ступенями (через каждые 25 кг). Лента была изготовлена Горьковским металлургическим заводом (из стали 85ХФ твердостью 42 Re) и исследована без дополнительной термической обработки и вальцовки. Это позволило предположить, что в ленте отсутствовали предварительные напряжения, могущие повлиять на результаты исследования. Из наклепанных участков ленты были вырезаны продольные образцы размером 100 × 20 мм.

В результате наклепа образцы изогнулись, причем стрела прогиба прямо пропорциональна давлению наклепывающего ролика. Изгиб образцов, направленный выпуклостью в сторону наклепанной поверхности, свидетельствует о наличии сжимающих напряжений в наклепанном

слое. Под действием ролика поверхностный слой пластически деформировался — удлинился, что вызвало изгиб образца. Недеформированная часть сечения, упруго сопротивляясь изгибу, сжимает наклепанный слой.

Величину напряжений в наклепанном слое определяли по методу, предложенному М. М. Савериным [3] для анализа остаточных напряжений в поверхностно-упрочненных пластинах. Суть его в том, что с наклепанной поверхности образца последовательными слоями снимается металл, что вызывает изменение стрелы прогиба образца. По изменению толщины образца и стрелы прогиба рассчитывают напряжения в удаленных слоях.

В нашем случае снятие слоев металла с наклепанной поверхности образцов производили путем электрохимического травления.

Состав электролита (на 1 л):

Ортофосфорная кислота концентрированная	0,105 кг
Серная кислота концентрированная	0,055 »
Вода дистиллированная	0,140 »
Хромовый ангидрид	0,765 л

Режим травления

Температура	70—80°C
Плотность тока	80—100 а/дм <sup>2</sup>
Напряжение	12 в
Катод	свинец
Скорость травления	0,02—0,03 мм

Поверхности образца, не подвергающиеся травлению, защищают нитроглифталевой эмалью. Толщину и стрелу прогиба образцов после удаления каждого очередного слоя измеряли с помощью вертикального длиномера ИЗВ-1, на столике которого установлено трехточечное основание с базой измерения 80 мм. Стравливание слоев производили до полного выпрямления образцов.

Для выявления зависимости стрелы прогиба от изменяющейся толщины образца было проведено от 70 до 100 наблюдений для каждого режима наклепа (изучаемый режимный параметр наклепа — давление наклепывающего ролика  $P$ , кг). Результаты (после их статистической обработки) представлены на рис. 2.

Для упрощения расчетов М. М. Саверин предложил определять напряжения не в действительных, а в условно снимаемых слоях, что мы и применили. Толщина условно снимаемого слоя была принята равной 0,05 мм. Изменения стрелы прогиба (необходимые при расчете напряжений) для каждого условно снимаемого слоя определяли не графическим способом, как предлагает автор метода, а аналитическим, используя уравнения связи (рис. 2), что дает на наш взгляд, более точные результаты.

Напряжения в поверхностном слое, вызванные наклепом, изображены в виде эпюры на рис. 3 (сплошная линия).

После установления величины, знака и распределения напряжений, вызванных наклепом, необходимо проанализировать их взаимодействие с напряжениями иного происхождения. В приведенном ниже анализе учтены лишь напряжения, вызванные изгибом; напряжения же, возникшие от натяжения пилы, сил резания и других факторов, в расчет не приняты.

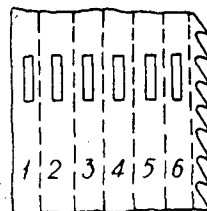


Рис. 1. Схема вырезки образцов.

1 —  $P=75$     2 —  $P=100$ ;  
3 —  $P=125$ ; 4 —  $P=150$ ;  
5 —  $P=175$ ; 6 —  $P=200$  кг.

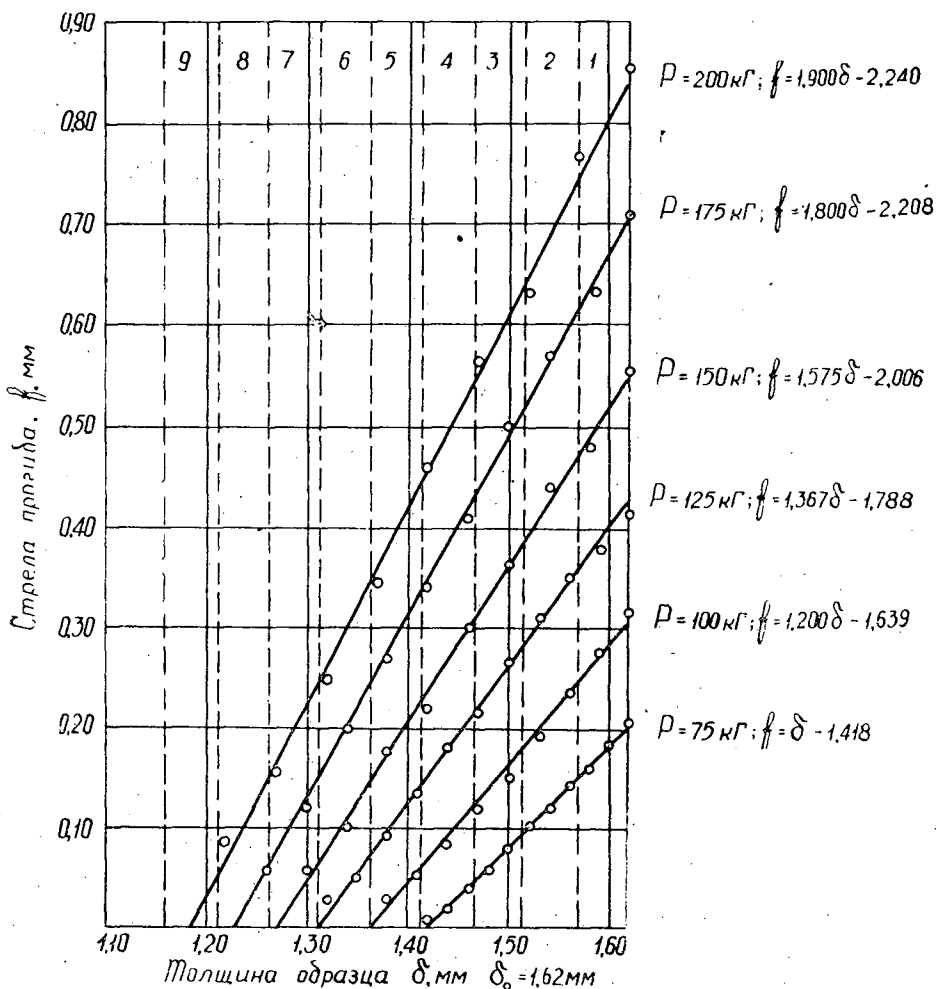


Рис. 2. Изменение стрелы прогиба по мере снятия слоев.  
1 и 9 — условно снимаемые слои.

#### Суммарные напряжения от наклепа и изгиба на шкиве

При решении этого вопроса необходимо учитывать, что образец имеет прогиб, вызванный наклепом, что уменьшает его деформацию при изгибе на шкиве по сравнению с ненаклепанным образцом.

Напряжения от изгиба определяем по уравнению

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости;

$\varepsilon$  — относительное удлинение поверхностного слоя.

$$\varepsilon = \frac{s}{2\rho}, \quad (2)$$

где  $s$  — толщина;

$\rho$  — радиус кривизны образца.

1. При изгибе плоского образца до радиуса кривизны промежуточного положения (изогнутого наклепом образца)  $\rho_1$

$$\varepsilon_1 = \frac{s}{2\rho_1}.$$

2. При изгибе плоского образца до радиуса пильного шкива  $\rho_{ш}$

$$\varepsilon_{ш} = \frac{s}{2\rho_{ш}}.$$

3. При изгибе наклепанного образца от радиуса  $\rho_1$  до  $\rho_{ш}$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_{ш} - \varepsilon_1.$$

или

$$\varepsilon_2 = \frac{s}{2} \left( \frac{1}{\rho_{ш}} - \frac{1}{\rho_1} \right).$$

Отсюда максимальные напряжения, возникающие при изгибе на шкиве образца, имеющего вызванный наклепом прогиб,

$$\sigma = E \cdot \varepsilon_2; \quad \sigma = E \cdot \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{1}{\rho_{ш}} - \frac{1}{\rho_1} \right). \quad (3)$$

Проверяем уравнение в крайних условиях.

1. Образец плоский, не подвергнутый наклепу,  $\rho_1 = \infty$

$$\sigma = E \cdot \frac{s}{2\rho_{ш}},$$

то есть напряжения в поверхностном слое образца, вызванные его изгибом на шкиве, имеют максимальное значение.

2. Наклепанный образец имеет радиус кривизны, равный радиусу шкива

$$\rho_1 = \rho_{ш}; \quad \sigma = 0.$$

Вычислив радиус кривизны наклепанного образца по его стреле прогиба и пользуясь выражением (3), определяем напряжения, вызванные изгибом образца на шкиве. Алгебраическая сумма этих напряжений и напряжений, вызванных наклепом, изображена эпюрой на рис. 3 (штриховая линия).

#### *Суммарные напряжения на прямолинейном участке пилы между шкивами*

На участке между шкивами пила выпрямляется, радиус ее кривизны изменяется от  $\rho_1$  до  $\infty$ , что вызывает в поверхностном слое напряжения

$$\sigma = E \cdot \frac{s}{2} \left( \frac{1}{\infty} - \frac{1}{\rho_1} \right)$$

или

$$\sigma = -E \cdot \frac{s}{2\rho_1}. \quad (4)$$

Знак минус перед выражением (4) указывает, что напряжения являются сжимающими. Суммарная эпюра этих напряжений и напряжений от наклепа для прямолинейного участка пилы изображена на рис. 3 штрихпунктирной линией.

### Выводы

1. Величина напряжений зависит от давления наклепывающего ролика.

2. Напряжения имеют максимальное значение на наклепанной поверхности и, плавно снижаясь, переходят на определенной глубине в растягивающие.

3. Сжимающие напряжения, вызванные наклепом, компенсируют растягивающие напряжения от изгиба пилы на шкивах, на основании чего можно предположить, что поверхностный наклеп может быть использован для повышения усталостной прочности полотна ленточных пил.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Д. Бартл, О. Мудрох. Технология химической и электрохимической обработки поверхностей металлов. Машгиз, М., 1961. [2]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Гослесбумиздат, М., 1958. [3]. М. М. Саверин. Дробеструйный наклеп. Машгиз, М., 1955. [4]. И. И. Трубников. Измерение напряжений в полотне ленточной пилы методом проволоочной тензометрии. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963.

Поступила в редакцию  
24 октября 1964 г.



УДК 634.0.824.87

**РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННОГО НАГРЕВА ПРИ СКЛЕИВАНИИ  
МНОГОСЛОЙНЫХ ПАКЕТОВ ШПОНА****Б. И. АРТАМОНОВ**

Старший научный сотрудник

(ВНИИДрев)

Как известно, эффективность контактного нагрева уменьшается с увеличением толщины склеиваемых пакетов. Рост производства слоистой древесины вызывает необходимость изыскивать более рациональные способы нагрева.

В экспериментах, проведенных нами в МЛТИ на кафедре «Технология древесных пластиков и плит», было получено значительное ускорение процесса склеивания пакетов при комбинированном воздействии контактного и высокочастотного нагрева в сочетании с быстроотверждающимися карбамидными смолами. При этом оказалось возможным ограничить нагрев температурой 100°С и исключить из цикла прессования охлаждение в прессе толстых пакетов, необходимое при применении контактного нагрева [2].

В результате исследования распределения температуры в пакете при комбинированном нагреве мы установили следующее.

Изменение температуры происходит преимущественно по толщине пакета, поэтому температурное поле можно считать одномерным. При достаточно равномерном нагреве пакетов до 100°С допустимо пренебречь влиянием температурного поля на поле влажности. Неравномерность распределения внутренних источников тепла, обусловленная периодической структурой пакета, не вызывает сколько-нибудь значительных температурных перепадов между зоной клеевого шва и шпоном. Высокопотенциальный электрод, толщина которого в 80—120 раз меньше толщины нагреваемого материала, не оказывает существенного влияния на характер нагрева пакета. (Очевидно, массивный обогреваемый высокопотенциальный электрод оказывает тепловое воздействие на пакет аналогично плите пресса с нулевым потенциалом.)

Для более эффективного применения комбинированного нагрева мы предложили метод расчета применительно к условиям склеивания пакетов, имеющих влажность 12% и конечную температуру 100°С.

Располагая начало координат в центральной (по толщине) плоскости нагреваемого материала (рис. 2), получим задачу нагрева неограниченной пластины с непрерывно действующими внутренними источниками тепла и граничными условиями первого рода. Для записи исходного дифференциального уравнения теплопроводности примем следующие условия и допущения: 1) начальная температура пакета одинакова во всех точках; 2) внутренние источники тепла равномерно распределены по объему пакета; 3) плиты пресса имеют одинаковую температуру,

которая остается постоянной в процессе нагрева пакета; 4) коэффициенты теплоотдачи плит пресса одинаковы; 5) термические коэффициенты пакетов не изменяются в процессе нагрева; 6) на нагрев высокопотенциального электрода не затрачивается тепло пакета; 7) в процессе нагрева не происходит испарения влаги, а химическое изменение клея не вызывает выделения или поглощения тепла; 8) внутри пакета не возникает градиента избыточного давления пара.

Поставленную задачу можно записать математически

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + q \quad (1)$$

при следующих условиях:

$$t(x, 0) = t_0; \quad (2)$$

$$t(R, \tau) = t_n; \quad (3)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

где  $t(x, \tau)$  — температура некоторой точки пластины в момент времени  $\tau$ ;  
 $x$  — координата в направлении потока тепла —  $-R < x < +R$ ;  
 $a$  — коэффициент теплопроводности по оси  $x$ ;  
 $R$  — половина толщины пластины;  
 $q$  — удельная мощность высокочастотной энергии, отнесенная к объемной теплоемкости.

Величину  $q$  определяем так:

$$q = 133,5 \frac{E^2 \cdot f \cdot \varepsilon''}{C_V} \frac{\text{град}}{\text{сек}}, \quad (5)$$

где  $E$  — напряженность поля,  $\text{кв/см}$ ;  
 $f$  — частота поля,  $\text{мггц}$ ;  
 $\varepsilon''$  — коэффициент потерь пакета;  
 $C_V$  — объемная теплоемкость пакета,  $\text{ккал/м}^3\text{град}$ .

При незначительных изменениях в процессе нагрева напряженности и частоты поля величина  $q$  будет функцией коэффициента потерь, который имеет в общем случае криволинейную зависимость от температуры [1]. Решения уравнения (1) будут определяться характером изменения  $q$  в процессе нагрева. В зависимости от этого рассмотрим следующие случаи:

а) удельная мощность внутренних источников тепла не изменяется в процессе нагрева, то есть  $q = q_0 = \text{const}$ . Окончательное решение исходного уравнения

$$\begin{aligned} t(x, \tau) = t_0 + (t_n - t_0) \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \left\{ \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + \right. \\ \left. + \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} \right\} + q_0 \tau - 4q_0 \tau \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \left\{ i^2 \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + \right. \\ \left. + i^2 \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} \right\}, \quad (6) \end{aligned}$$

где  $erfc(z) = 1 - erf(z)$ ;  
 $erf(z)$  — интеграл ошибок Гаусса [4];

$$i^2 erfc(z) = \frac{1}{4}(1 + 2z^2)erfc(z) - \frac{2}{\sqrt{\pi}}z \exp(-z^2); \quad [3]$$

$F_0$  — критерий Фурье;

б) удельная мощность внутренних источников тепла уменьшается в процессе нагрева вследствие уменьшения коэффициента потерь.

Для этого случая характер температурной зависимости коэффициента потерь пакета и соответственно удельной мощности внутренних источников тепла показан на рис. 1.

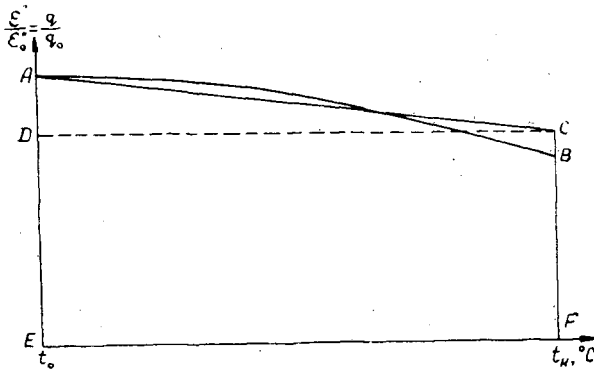


Рис. 1. Характер температурной зависимости относительной величины  $q$  для случая уменьшения  $\epsilon''$  в процессе нагрева,  $t_0$  — начальная температура;  $t_k$  — конечная температура.

С целью упрощения решения дифференциального уравнения теплопроводности криволинейную зависимость заменим прямолинейной таким образом, чтобы площадь  $ABFE = ACFE$ .

Прямая  $AC$  выражает изменение  $q$  в процессе нагрева, определяемое уравнением

$$q = q_0 [1 - \beta(t_k - t_0)], \quad (7)$$

где  $\beta$  — угловой коэффициент прямой.

$$\beta = \frac{AD}{CD} \cdot \frac{M_1}{M_2} \frac{1}{град}, \quad (8)$$

где  $M_1, M_2$  — масштабы по осям ординат и абсцисс.

Подставив в уравнение (1) значение  $q$  из уравнения (7), получим

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + q_0 [1 - \beta(t_k - t_0)]. \quad [9]$$

Решение уравнения (9) может быть представлено в следующем виде:

$$\begin{aligned}
t(x, \tau) = & t_0 \exp(-b\tau) + \frac{q_1}{b} [1 - \exp(-b\tau) + \\
& + \left(\frac{q_1}{b} - t_0\right) \exp(-b\tau) \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \left\{ \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + \right. \\
& \left. + \operatorname{erfc} \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} \right\} + \frac{1}{2} \left(t_n - \frac{q_1}{b}\right) \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \cdot \\
& \cdot \left\{ \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} - \sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ -((2m-1) \cdot R - x) \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \right. \\
& + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + \sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ ((2m-1) \cdot R - x) \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \\
& + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} - \sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ -((2m-1) \cdot R + x) \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \\
& \left. + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + \sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ ((2m-1) \cdot R + x) \sqrt{\frac{b}{a}} \right] \right\}, \quad (10)
\end{aligned}$$

где  $q_1 = q_0 (1 + \beta t_0)$ ;  $b = q_0 \beta$ ;

в) удельная мощность внутренних источников тепла увеличивается в процессе нагрева вследствие увеличения коэффициента потерь.

Упрощая решение задачи, то есть приняв изменение в процессе нагрева по формуле

$$q = q_0 [1 + \beta (t_k - t_0)], \quad (11)$$

получим решение дифференциального уравнения теплопроводности в следующем виде:

$$\begin{aligned}
t(x, \tau) = & t_0 \exp(b\tau) + \frac{q_2}{b} [\exp(b\tau) - 1] - \\
& - \left(\frac{q_2}{b} + t_0\right) \exp(b\tau) \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \left\{ \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} \right] + \right. \\
& \left. + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} \right] + \frac{1}{2} \left(t_n + \frac{q_2}{b}\right) \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m+1} \cdot \right. \\
& \cdot \left\{ \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} - i\sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ -((2m-1) \cdot R - x) i \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \right. \\
& + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) - \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + i\sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ ((2m-1) \cdot R - x) i \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \\
& \left. + \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} - i\sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ -((2m-1) \cdot R + x) i \sqrt{\frac{b}{a}} \right] + \right.
\end{aligned}$$

$$+ \operatorname{erfc} \left[ \frac{(2m-1) + \frac{x}{R}}{2\sqrt{F_0}} + i\sqrt{b\tau} \right] \exp \left[ ((2m-1)R + x)i\sqrt{\frac{b}{a}} \right], \quad (12)$$

где  $q_2 = q_0(1 - \beta t_0)$ .

Так как при комбинированном нагреве значения  $F_0$  редко превышают 0,1, то в решениях (6), (10), (12) оказывается возможным принять  $m = 1$ .

На основании анализа полученных решений для рассмотренных случаев нагрева рекомендуем следующий порядок расчета.

1. По известным параметрам высокочастотного поля и диэлектрическим свойствам пакета из формулы (5) определяем  $q_0$ .

2. Подсчитываем продолжительность нагрева  $\tau$  центральной плоскости пластины до заданной температуры по одной из приближенных формул, полученных из решений (6), (10), (12) для соответствующих случаев нагрева:

а)

$$\tau \approx \frac{t_{(0, \tau)} - t_0}{q_0}; \quad (13)$$

б)

$$\tau \approx \frac{-\ln[1 + \beta(t_0 - t_{(0, \tau)})]}{\beta q_0}; \quad (14)$$

в)

$$\tau \approx \frac{\ln[1 + \beta(t_{(0, \tau)} - t_0)]}{\beta q_0}. \quad (15)$$

Расхождение результатов, вычисленных по точным и приближенным формулам при  $F_0 = 0,1$ , обычно не превышает 2—3%.

3. Из формул (6), (10), (12) определяем  $t_n$ , обеспечивающую к концу нагрева заданную температуру в ближайшей клеевой прослойке от плиты пресса.

4. При необходимости подсчитываем температуру для любой точки пакета в процессе нагрева, а также по точной формуле пересчитываем продолжительность нагрева.

С помощью данного метода можно решать и обратные задачи, когда заданы продолжительность нагрева и диэлектрические свойства пакета. Необходимые параметры высокочастотного поля в пакете определяем соответственно для каждого случая нагрева по следующим формулам:

а)

$$E^2 \cdot f \approx \frac{(t_{(0, \tau)} - t_0) \cdot C_V}{133,5 \cdot \tau \cdot \epsilon_0''}; \quad (16)$$

б)

$$E^2 \cdot f \approx - \frac{\ln[1 + \beta(t_0 - t_{(0, \tau)})] \cdot C_V}{133,5 \cdot \beta \cdot \tau \cdot \epsilon_0''}; \quad (17)$$

в)

$$E^2 \cdot f \approx \frac{\ln[1 + \beta(t_{(0, \tau)} - t_0)] \cdot C_V}{133,5 \cdot \beta \cdot \tau \cdot \epsilon_0''}. \quad (18)$$

Поскольку величины  $E$  и  $f$  зависят от условий нагрева, то принятие одной из них позволяет найти другую.

При известных размерах пакетов и заданной интенсивности нагрева можно подсчитать максимальную колебательную мощность нагревательного конденсатора

$$P_{к. max} = 4,17 \cdot q_{max} \cdot C_V \cdot V, \quad (19)$$

где  $P_{к. max}$  — максимальная колебательная мощность, кВт;

$V$  — объем нагреваемых пакетов, м<sup>3</sup>;

$q_{max}$  — максимальная интенсивность нагрева, град/сек.

Колебательная мощность генератора определяется по известной формуле

$$P_{г. max} = \frac{P_{к. max}}{\eta_T \cdot \eta_{в.ч}}, \quad (20)$$

где  $P_{г. max}$  — максимальная колебательная мощность генератора, обеспечивающая заданную интенсивность нагрева, кВт;

$\eta_T$  — термический коэффициент полезного действия нагревательного конденсатора (для условий комбинированного нагрева значение этой величины близко к единице);

$\eta_{в.ч.}$  — коэффициент полезного действия высокочастотной части установки (для коротковолнового диапазона) можно принять равным  $0,6 \div 0,8$ .

Достоверность аналитического метода расчета оценивали путем сравнения экспериментальных и расчетных кривых нагрева.

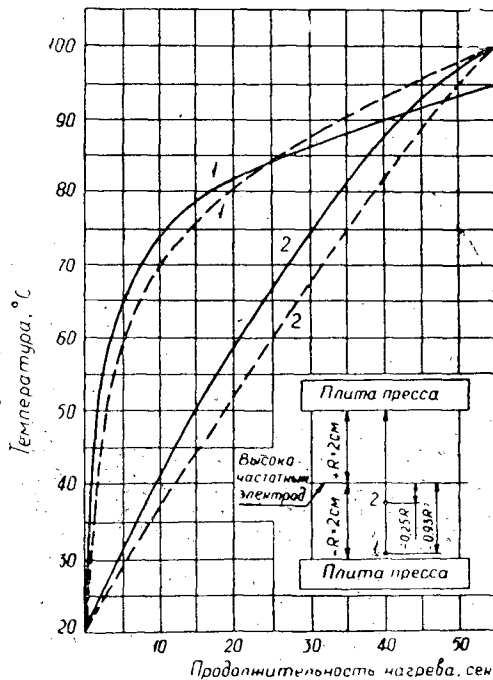


Рис. 2. График изменения температуры пакета при комбинированном нагреве.

— экспериментальная кривая;  
 - - - расчетная кривая.

На рис. 2 представлен один из таких графиков, построенный по двум точкам пакета для случая уменьшения  $\varepsilon''$  в процессе нагрева.

В данном эксперименте  $W_n = 10\%$ ,  $t_n = 86^\circ\text{C}$ ,  $E = 0,85 \text{ кВ/см}$ ,  $f = 19,5 \text{ мгц}$ . Величина расхода клея на основе смолы М-70 составляла  $75 \text{ кг/м}^3$  пакета. Значение коэффициента диэлектрических потерь  $\varepsilon$  принято по данным исследований автора [1].

Если учесть, что точное измерение параметров высокочастотного поля и электрических свойств пакета достаточно сложно, то точность аналитического метода следует считать удовлетворительной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Артамонов. Электрические свойства пакетов шпона при склеивании в поле высокой частоты. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1964. [2]. Б. И. Артамонов. Комбинированный нагрев при склеивании фанерных плит карбамидными смолами. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1964. [3]. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. Приложения, ГТИИ, 1952. [4]. Е. Янке, Ф. Эмде. Таблицы функций. Физматгиз, 1950.

Поступила в редакцию  
15 сентября 1964 г.

УДК 62.229.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ СУППОРТА ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Л. Г. МОЛЧАНОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Точность обработки деталей на деревообрабатывающих станках в значительной степени зависит от стабильности положения суппорта в рабочей позиции.

Конструктивные разработки устройств, предназначенных для автоматической фиксации суппорта, громоздки и сложны, поэтому в ряде систем программной настройки станков эта операция остается ручной, что приводит к снижению эффективности всей системы. Кроме того, надо иметь в виду, что точность настройки станка несколько снижается вследствие того, что во время фиксации к суппорту прикладывается некоторое усилие, которое, суммируясь с силами упругой деформации в механизме перемещения, может вызвать отход суппорта от занимаемого положения.

На экспериментальной установке, созданной на базе агрегатной силовой головки типа АГ2-1, мы провели исследования по определению величины отхода суппорта от заданного положения во время фиксации, а также величины отхода нефиксированного суппорта в процессе работы станка. Перемещение суппорта на этой установке осуществляется винтовой передачей. Ходовой винт через червячный редуктор приводится во вращение от электродвигателя типа АОЛ-012-4. Команда на включение двигателя механизма перемещения подается с пульта управления. Сигнал на отключение двигателя, а, следовательно, и остановку суппорта в заданном положении, поступает от конечного выключателя. Величина настроечного перемещения суппорта при экспериментах составляла 100 мм (при диапазоне перемещения 100 мм).

Предварительные опыты показали, что настроечное перемещение не оказывает влияния на величину отхода нефиксированного суппорта. Было также установлено, что на эту величину не влияет, как производится остановка двигателя механизма перемещения — с торможением или без него. При ручном или механизированном настроечном перемещении отход суппорта в среднем одинаков, но в первом случае имеет место значительно больший разброс этой величины при действии на него сил, возникающих в процессе работы станка.

В заданном положении суппорт приходит в соприкосновение со шупом индикатора. По этому индикатору (с ценой деления 0,001 мм) определяли величину отхода суппорта при экспериментах.

Суппорт в заданном положении фиксировали зажимным устройством, представляющим собой винт, ввернутый в тело суппорта. При



повороте винт давит на сухарик, который упирается в направляющие станины. Достаточная затяжка винта исключает отход суппорта при действии на него значительных смещающих усилий. На суппорт, установленный в заданное положение, со стороны механизма перемещения действует сила упругих деформаций, которая уравнивается силой сопротивления перемещению суппорта. Со стороны механизма резания при работе станка на суппорт действует центробежная сила (от неуравновешенности режущего инструмента), вызывающая вибрацию станка, а также сила резания, возникающая в процессе обработки деталей.

Для определения величины отхода суппорта под действием центробежной силы на вал электродвигателя, установленного на суппорте, насаживали ножевую головку. Неуравновешенность головки создавали путем установки в нее пластинок определенного веса (13,29 и 42 Г). Радиус вращения центра тяжести пластинки равнялся 45 мм. Это давало величины неуравновешенности инструмента, равные соответственно 58, 130 и 185 Г·см. Ножевая головка без дополнительных пластинок имеет неуравновешенность 15 Г·см. Величина допустимой неуравновешенности для составных и цельных фрез (10—15 Г·см) и для пил (25—60 Г·см) устанавливается стандартами на дереворежущие инструменты.

Чтобы определить величину отхода суппорта при действии на него силы резания, к суппорту экспериментальной установки прикладывали дополнительную силу (путем навешивания груза на тросик, закрепленный на суппорте по оси направляющих), которая заменяла силу резания, действующую на суппорт в процессе обработки деталей на дереворежущих станках.

В опытах по определению влияния силы резания на величину отхода суппорта после установки суппорта в заданное положение и включения механизма резания на тросик навешивали груз весом 20 кг. (Величина груза была принята, исходя из сил резания, которые редко превышают 20 кг). Настроечное перемещение суппорта производили без груза.

Величину отхода суппорта, имеющего вертикальное настроечное перемещение, определяли при горизонтальном перемещении его; при этом на трос навешивали груз 100 кг, равный весу перемещаемого суппорта. Это было сделано для того, чтобы определить отход суппорта при одинаковых величинах сопротивления его перемещению в направляющих, но при различных схемах действия сил.

При вертикальном настроечном перемещении вес суппорта действует по оси перемещения и входит в систему сил, его смещающих. При горизонтальном же перемещении, независимо от того, в какой плоскости (вертикальной или горизонтальной) находятся направляющие, вес суппорта создает только сопротивление перемещению и не влияет на его отход. В этом случае проекция веса суппорта на направление перемещения равна нулю.

Исследования были проведены при различных усилиях сопротивления перемещению суппорта в направляющих. Сопротивление перемещению устанавливали путем изменения усилия зажатия суппорта в направляющих. Зажатие суппорта (в отличие от «фиксации») производили устройством для выбора люфта в направляющих. Под усилием зажатия мы понимаем нормальную силу к направляющим суппорта. Сумма усилия зажатия и веса суппорта, умноженная на коэффициент трения в направляющих, дает величину усилия сопротивления перемещению суппорта в направляющих. Исходя из этого, усилие зажатия определяли по мощности (потребляемой двигателем механизма перемещения суппорта), которую замеряли методом двух ваттметров, включенных по

схеме Арона. Данные экспериментов обрабатывали методом вариационной статистики.

В результате исследований было установлено, что процесс фиксации суппорта вызывает отход его от заданного положения на  $0,010 - 0,015$  мм. Опыты также показали, что фиксированный суппорт при действии на него сил, возникающих в процессе обработки деталей на дереворежущих станках, не смещается от положения, занимаемого после фиксации.

Центробежная сила от неуравновешенности режущего инструмента вызывает значительный отход нефиксированного суппорта от заданного положения. На рис. 1 и 2 представлены зависимости отхода суппорта от величины центробежной силы при различных направлениях настроечного перемещения и различных усилиях сопротивления перемещению суппорта в направляющих (на рис. 2 — перемещение суппорта горизонтальное, на рис. 3 — вертикальное). Кривые 1—1 построены для усилия зажатия суппорта в направляющих  $P_{зж} = 850$ , кривые 2—2 — для  $P_{зж} = 450$  и кривые 3—3 — для  $P_{зж} = 230$  кг.

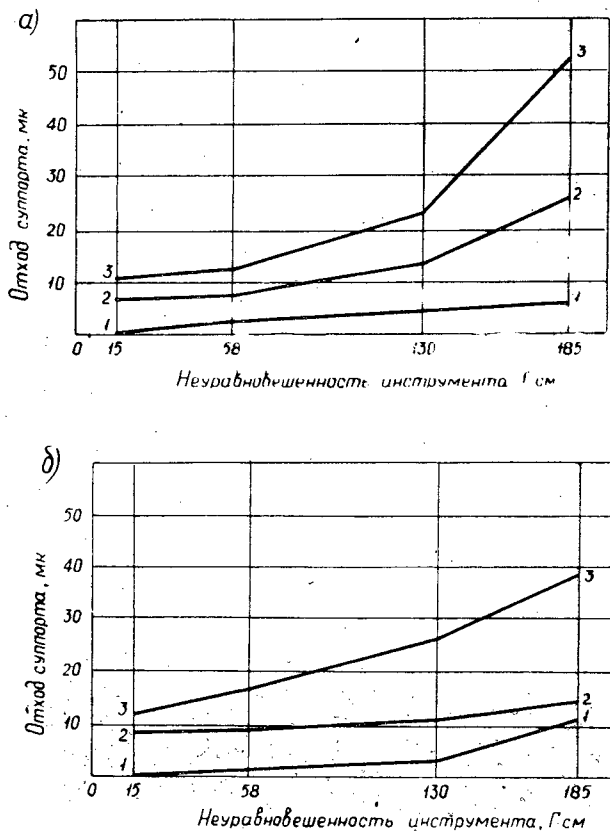


Рис. 1. а — плоскость вращения режущего инструмента параллельна плоскости направляющих; б — плоскость вращения режущего инструмента перпендикулярна плоскости направляющих.

Как видно из рис. 1, при горизонтальном перемещении суппорта с увеличением неуравновешенности инструмента отход суппорта возрастает. Увеличение зажатия суппорта в направляющих снижает его

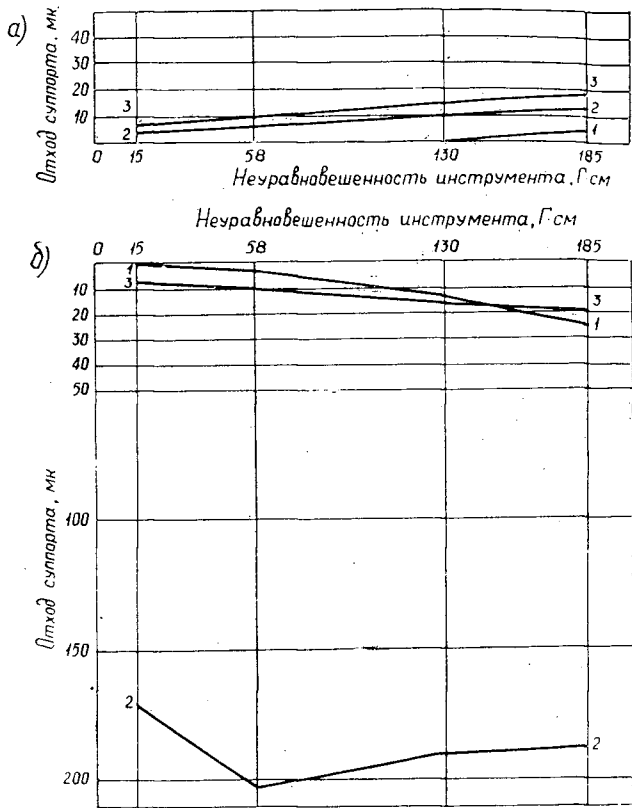


Рис. 2. а — настроечное перемещение суппорта — вертикальное вверх; б — настроечное перемещение суппорта — вертикальное вниз.

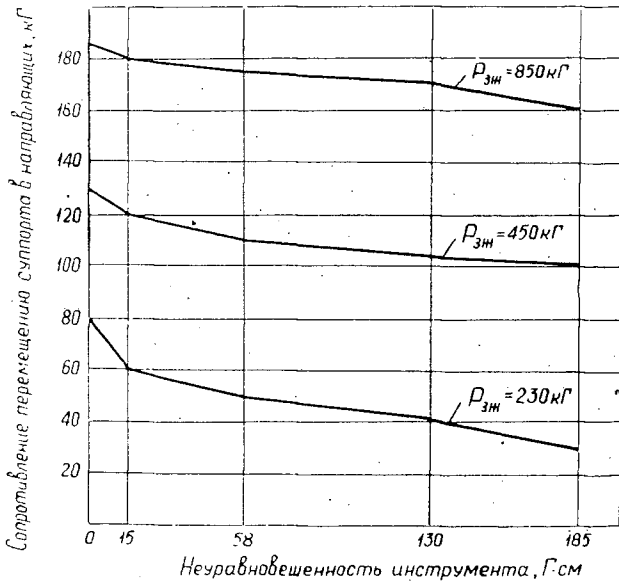


Рис. 3.

отход. Так, при  $P_{зж} = 850 \text{ кг}$  отход суппорта не превышает  $0,005 \text{ мм}$ , то есть практически отсутствует.

При усилиях зажатия, меньших  $200 \text{ кг}$ , даже незначительная неуравновешенность инструмента вызывает большие вибрации суппорта с амплитудой колебания до  $0,1 \text{ мм}$ . Поэтому для нормальной работы станка усилие зажатия суппорта должно быть более  $200 \text{ кг}$ . При усилии  $230 \text{ кг}$  отход суппорта не превышает  $0,02 \text{ мм}$ .

Отход суппорта от заданного положения происходит в течение  $5\text{--}10 \text{ сек}$  после включения двигателя механизма резания. При повторных включениях двигателя дальнейшего отхода суппорта не происходит. Направление отхода суппорта совпадает с направлением настроечного перемещения.

При вертикальном настроечном перемещении суппорта вверх (рис. 2, а) отход его почти в два раза меньше, чем при горизонтальном. Уменьшение отхода в первом случае объясняется противодействием веса суппорта упругому восстановлению частей механизма перемещения.

Как видно из рис. 2, б, при вертикальном перемещении суппорта вниз особо важное значение имеет величина сопротивления перемещению суппорта в направляющих. Величина отхода суппорта от точки остановки его при настройке достигает  $0,2\text{--}0,4 \text{ мм}$ , когда вес суппорта близок по своему значению к усилию сопротивления перемещению суппорта в направляющих. Величина отхода имеет большие колебания в пределах зазора в паре винт — гайка, так как настроечное движение происходит скачкообразно и остановка суппорта может произойти в любой точке в пределах зазора винтовой пары. Если суппорт не зафиксирован, то при изменении усилия сопротивления перемещению суппорта в направляющих под действием вибраций от центробежной силы неуравновешенности инструмента происходит отход суппорта от занимаемого положения до соприкосновения витков гайки и винта.

На рис. 3. приведены кривые изменения усилия сопротивления перемещению суппорта в направляющих при действии центробежной силы, вызываемой неуравновешенностью инструмента. Как видно из рисунка, в зависимости от величины неуравновешенности инструмента происходит снижение усилия на  $10\text{--}50 \text{ кг}$  по сравнению с усилием при настройке, когда двигатель механизма резания не включен.

Снижение сопротивления перемещению суппорта приводит к упругому восстановлению частей механизма перемещения; упругое восстановление вызывает отход суппорта от положения, в которое он был установлен при настройке. Если ходовой винт будет выведен из соприкосновения с витками гайки после установки суппорта в рабочее положение, то отхода суппорта от занимаемого положения не происходит.

С увеличением зажатия суппорта в направляющих центробежная сила вызывает меньшее снижение усилия сопротивления перемещению. Так, при  $P_{зж} = 230 \text{ кг}$  и неуравновешенности инструмента  $58 \text{ Г}\cdot\text{см}$  сопротивление перемещению снижается на  $30 \text{ кг}$ , а при  $P_{зж} = 850 \text{ кг}$  и той же неуравновешенности — на  $10 \text{ кг}$  (по сравнению с сопротивлением при отсутствии вибраций). Это определяет снижение величины отхода суппорта от занимаемого положения при увеличении зажатия его в направляющих.

Направление плоскости вращения режущего инструмента относительно плоскости направляющих не оказывает существенного влияния на величину отхода суппорта.

На рис. 4 представлены кривые отхода суппорта при действии на него силы резания с учетом неуравновешенности инструмента и усилия

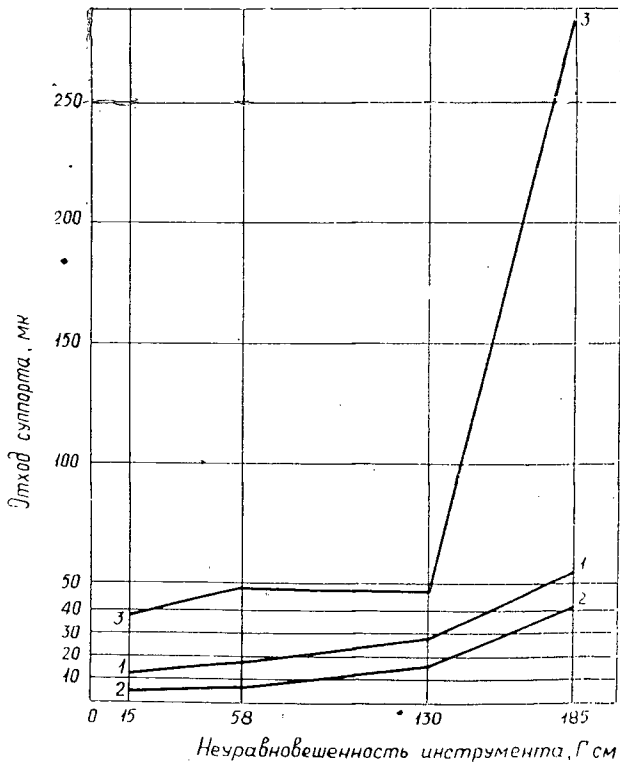
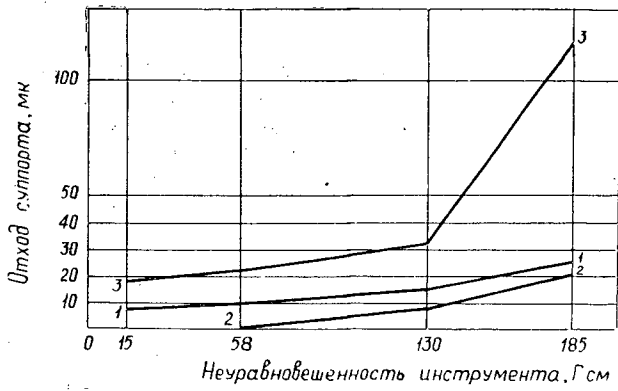
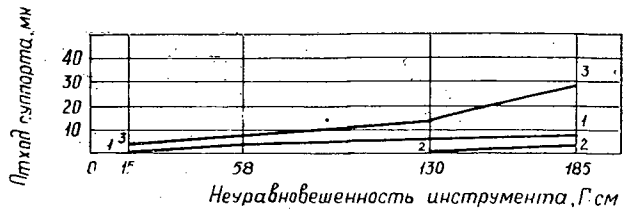


Рис. 4.

зажатия суппорта в направляющих. Приведенные графики построены для горизонтального настроечного перемещения. Кривые 1—1 даны для силы резания, равной 0; кривые 2—2 — для силы резания, равной 20 кг, направленной в сторону, противоположную настроечному перемещению; кривые 3—3 — для силы 20 кг, направленной в сторону настроечного перемещения суппорта. На рис. 4, а приведен график отхода суппорта при усилии зажатия, равном 230 кг, на рис. 4, б — при  $P_{\text{зж}} = 450$  кг и на рис. 4, в — при  $P_{\text{зж}} = 850$  кг.

Отход нефиксированного суппорта от заданного положения под действием силы резания в значительной степени зависит от направления действия этой силы. Если сила резания направлена в сторону, противоположную направлению настроечного перемещения, то величина отхода суппорта от занимаемого положения уменьшается. Если сила резания направлена в сторону настроечного перемещения, то она несколько увеличивает отход суппорта от заданного положения. Когда сопротивление перемещению суппорта меньше силы резания, суппорт при действии на него силы резания, направленной в сторону настроечного перемещения, смещается на величину зазора в паре винт—гайка.

Поступила в редакцию  
29 июня 1964 г.

УДК 674.038.182

**ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ЕЛИ  
ГРИБОМ *Coniophora cerebella* Schr. \*****Ю. М. ВАНИНСКАЯ**

Аспирант

(Белорусский технологический институт)

Изучением стойкости ядра и заболони древесины к дереворазрушающим грибам занимались Н. Шмитц [14], С. И. Ванин [1], И. Лизе [13], Е. И. Мейер и В. В. Миллер [7], А. А. Яценко-Хмелевский и Н. Н. Брегадзе [12], Н. Т. Картавенко [5] и другие авторы [6], [10]. В последнее время Е. Йоргенсен [15], Е. В. Мельников, В. Н. Петри [8] исследовали стойкость древесины с учетом месторасположения образцов в стволе и условий местопроизрастания деревьев, однако в литературе этот вопрос освещен еще недостаточно.

Нами были проведены параллельные испытания на сжатие вдоль волокон здоровой и пораженной грибом *Coniophora cerebella* Schr. древесины заболони и ядра сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и заболони и спелой древесины ели обыкновенной (*Picea excelsa* L.). Целью нашей работы являлось определение снижения предела прочности древесины при различных стадиях разрушения. Образцы древесины сосны и ели были изготовлены из срединных досок стволов, заготовленных в насаждениях Негорельского учебно-опытного лесхоза БТИ. Согласно методике С. И. Ванина [3] образцы выпиливали из одних и тех же годичных слоев отдельно из заболонной, ядровой или спелой древесины, часть из которых подвергали заражению культурой гриба. Мы взяли для испытаний пять сроков разрушения (20, 40, 60, 80 и 100 дней), так как за это время происходят микроскопические изменения в строении древесины, которые по нашим данным соответствуют известным трем стадиям гниения (С. Н. Ванин [2]; Н. И. Никитин [9]). Опыт проводили в колбах Эрленмейера емкостью 1,0 л. Субстратом служила суслоагаровая среда, а инокуляционным материалом — заранее зараженные в течение 20—25 дней культурой гриба кусочки заболони сосновой древесины, которые располагали на поверхности среды. В качестве подкладок для поддержания постоянного расстояния между субстратом и образцами были использованы стеклянные трубочки диаметром 1—1,2 см. В каждую колбу наливали по 50—60 см<sup>3</sup> среды, то есть столько, чтобы трубочки были погружены в нее на 5—7 мм. Когда грибница развивалась на поверхности, давая довольно пышный мицелий, по окружности колбы на субстрат ставили абс. сухие стерильные образцы размером 2 × 2 × 3 см.

\* Работа проведена под руководством проф. В. Е. Вихрова.

Определение предела прочности на сжатие вдоль волокон проводили по ГОСТу 6336—52. Всего было заражено 200 образцов сосны и ели, по 40 штук для каждого срока. Колбы с образцами сохраняли в течение опыта в лаборатории, где поддерживали температуру 20—24° С, что благоприятствовало развитию гриба. По окончании опыта образцы вынимали из колб, тщательно очищали от грибницы и вновь высушивали до абс. сухого веса. Уменьшение веса за время опыта (в процентах к первоначальному весу) являлось показателем степени разрушения древесины.

Испытания на сжатие вдоль волокон проводили на гидравлическом прессе Амслера. Результаты обрабатывали методом математической статистики. В табл. 1 приведены показатели потери веса (%) древесины сосны и ели, пораженных грибом *Coniophora cerebella* Schg., при разных сроках разрушения.

Срок разрушения, дней	Ель									
	заболонь					спелая древесина				
	М, %	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	М, %	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
20	6,43	2,94	0,64	9,95	0,90	2,93	0,38	0,11	12,96	3,75
40	13,9	1,90	0,47	13,66	3,38	10,03	1,64	0,43	16,35	4,8
60	16,5	2,85	0,69	17,27	4,18	14,41	2,05	0,54	14,22	3,74
80	27,9	2,09	0,57	7,49	2,04	20,90	3,47	0,90	17,36	4,30
100	31,3	2,57	1,28	8,21	4,08	30,33	2,13	0,64	7,02	2,11

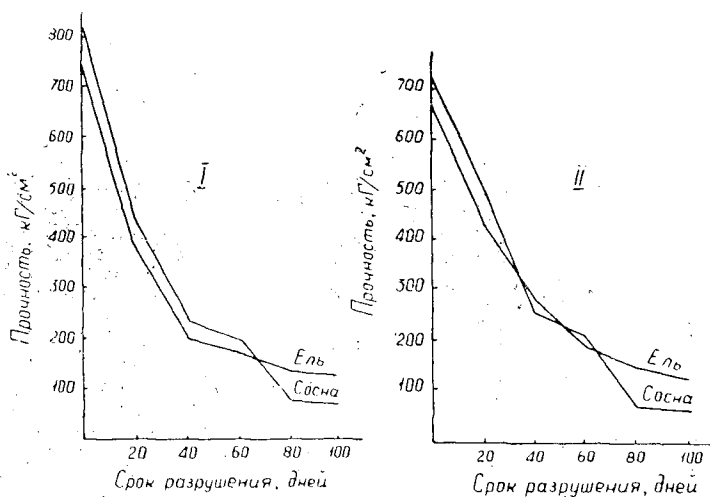


Рис. 1.



На рис. 1 даны показатели прочности древесины заболони сосны и ели (I) и ядра сосны и спелой древесины ели (II) при испытании на сжатие вдоль волокон при поражении грибом *Coniophora cerebella* Schrg. Результаты исследований дают возможность проследить динамику изменений предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон. У древесины сосны, зараженной грибом, падение показателей предела прочности по сравнению с контрольными образцами составляет у заболони от 47,2% за 20 дней до 91,2% за 100 дней. Такая же картина наблюдается и в древесине ели: у заболони — от 47,3% за 20 дней до 82,6% за 100 дней и у спелой древесины — от 36,4% за 20 дней до 81,6% за 100 дней. Мы получили, что падение предела прочности при сжатии вдоль волокон и процент потери веса во все сроки поражения больше у древесины сосны, чем у древесины ели, что не согласуется с существующими шкалами стойкости древесины (С. И. Ванин [2],

Таблица 1

С о с н а									
заболонь					ядро				
М, %	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	М, %	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
14,41	2,55	0,66	17,70	4,58	16,25	1,55	0,54	9,54	3,32
22,79	2,09	0,54	9,17	2,37	24,15	1,64	0,42	6,74	1,74
31,6	6,13	1,53	19,39	4,84	28,50	2,59	0,69	9,08	2,42
46,9	2,30	0,81	4,90	1,73	35,95	1,98	0,70	5,08	1,80
52,0	2,54	0,90	4,88	1,73	43,79	4,44	1,30	10,14	2,97

В. Е. Вихров [4]). Это, возможно, объясняется тем, что жидкости проникают в древесину ели меньше, чем в древесину сосны. В культуру гриба образцы погружали в абс. сухом состоянии и оптимальная влажность древесины для гриба *Coniophora cerebella* Schrg. у образцов сосны достигалась быстрее, чем у образцов ели.

Очень интересные и неожиданные результаты показал сравнительный анализ стойкости древесины ели и особенно заболони и ядра сосны.

В табл. 2 представлены потери в весе и прочности ядровой древесины сосны, пораженной грибом *Coniophora cerebella* Schrg.

Таблица 2

Сроки разрушения, дней	Ядро сосны	
	потеря веса образцами, %	предел прочности при сжатии вдоль волокон, кг/см <sup>2</sup>
20	5,76	674
60	26,8	308
80	33,74	166
100	39,46	162
Контроль		722

Из таблицы видно, что ядро довольно сильно разрушается, и образцы, изготовленные из одной и той же доски в одни и те же сроки поражения грибом, но различно удаленные от заболони, имеют разные потери в весе и показатели предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Большую стойкость к грибу имеют образцы, лежащие ближе к заболонной древесине. Наши результаты хорошо согласуются с данными В. Н. Петри и Д. А. Беленкова [11], которые указывают, что противогнилостная стойкость ядровой древесины сосны постепенно уменьшается по радиусу ствола от периферии ядра к сердцевине, объясняя это распределением в ядре сосны сильного яда для дереворазрушителей — пиносилвина и его эфиров. Здоровые образцы, взятые из этих же реек, при испытании на сжатие вдоль волокон существенных различий не показали.

### Выводы

1. При испытаниях древесины сосны и ели наибольшие изменения в пределе прочности происходят в первые двадцать дней разрушения. Начатые нами анатомические исследования этих образцов показывают большие скопления гиф гриба в полостях клеток и сильные изменения клеточных стенок. Для того чтобы проследить тонкую динамику разрушения клеточной стенки и механизм проникновения гриба в древесину, следует особое внимание обратить на более ранние стадии гниения.

2. Повышенная стойкость ядра по сравнению с заболонью против дереворазрушающих грибов является очень относительной, так как по мере движения от периферии ядра к сердцевине в связи с уменьшением ядовитых для грибов веществ понижается и стойкость.

3. При действии гриба *Coniophora cerebella* Schr. в течение 80 и 100 дней различия в динамике разрушения древесины заболони и ядра сосны и заболони и спелой древесины ели незначительны.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. Ванин. Некоторые новые данные о сердцевинной гнили осины. «Известия Лесного института», вып. 36, 1928. [2]. С. И. Ванин. Методы исследования грибных болезней леса и повреждений древесины. Гослестехиздат, Л., 1934. [3]. С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, М.—Л., 1949. [4]. В. Е. Вихров. Стойкость древесины на примере деревянных находок из археологических раскопок. Журн. «Советская археология» № 3, 1959. [5]. Н. Т. Картавенко. К вопросу стойкости древесины некоторых пород против дереворазрушающих грибов. УФ АН СССР, вып. 15, 1960. [6]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Гослесбумиздат, М., 1954. [7]. В. В. Миллер, Е. И. Мейер. Исследования по стойкости древесных пород в отношении гниения. Гослестехиздат, М., 1934. [8]. Е. В. Мельников, В. Н. Петри. Противогнилостная стойкость древесины хвойных пород Урала против пленчатого домового гриба. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1963. [9]. Н. И. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. Изд. АН СССР, М.—Л., 1962. [10]. Л. М. Перельгин. Влияние пороков на технические свойства древесины. Гослесбумиздат, 1949. [11]. В. Н. Петри, Д. А. Беленков. Влияние термической обработки древесины сосны на ее противогнилостную стойкость. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [12]. А. А. Яценко-Хмелевский, Н. Н. Брегадзе. Сравнительная стойкость заболони и спелой древесины ели и пихты по отношению к белому домовому грибу (*Poria vailantii*). Т. 24, 625—628, ДАН СССР, М., 1934. [13]. I. Liese und I. Stamer. Vergleichende versuche über die zerstörungintensität einiger wichtiger holzerstörenden Pilze und Festigkeitsverminderung des Holzes. Angew. Bot. 16 322—363, 1928. [14]. H. Schmitz. Laboratory test on the relative durability of some western coniferous woods with particular reference to those growing in Idago. The school of forestry of Idago, Bull. № 1, 1921. [15]. E. Jorgensen. On the spread of *Fomes annosus*. F. a., 1953.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 661. 728. 8

ОБ ОБРАЗОВАНИИ И РАСПАДЕ АЛКИЛГЛЮКОЗИДОВ  
ПРИ АЛКОГОЛИЗЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**В. И. ОРЛОВ**

Аспирант

**В. И. ШАРКОВ**

Профессор, доктор технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Как известно, при нагревании целлюлозы в спиртовой среде (в присутствии кислых катализаторов) [7] протекает реакция алкоголиза и образуются алкилглюкозиды. При дальнейшем нагревании последние подвергаются дегидратации с образованием оксиметилфурфуrolа, гуминовых веществ и органических кислот.

В последнее время в связи с проявлением интереса к оксиметилфурфуrolу как к сырью для получения полимерных материалов реакция его образования при дегидратации глюкозы в водном растворе (в присутствии кислых катализаторов) была подвергнута всестороннему изучению [6]. Малая устойчивость оксиметилфурфуrolа в этих условиях способствовала его быстрому разложению и, как следствие, приводила к низким выходам его.

В связи с этим интересно было выяснить характер этой же реакции в безводной среде. Можно было предполагать, что в этих условиях реакция будет протекать быстрее, чем в водном растворе. Мы провели серию опытов по изучению реакции алкоголиза целлюлозы и распада алкилглюкозидов в спиртовой среде в присутствии 1,0% хлористого водорода (как катализатора) при нагревании до 180—220° С.

По аналогии с реакцией дегидратации глюкозы в водном растворе и в присутствии минеральной кислоты процесс образования и распада оксиметилфурфуrolа при нагревании метилглюкозида в среде метанола и минеральной кислоты может быть представлен следующей принципиальной схемой: метилглюкозид → оксиметилфурфуrol → продукты распада оксиметилфурфуrolа.

Для изучения этой реакции мы нагревали растворы α-метилглюкозида (в среде метанола или бутанола), содержавшие 2,0% метилглюкозида и 1,0% хлористого водорода, в медных автоклавах (емкостью 45 мл), опускавших в ванну, заполненную соевым расплавом. Температуру в ванне поддерживали на заданном уровне с точностью ± 1°. Опыты были различными по продолжительности и температуре нагрева. По окончании нагревания полученную смесь анализировали на содержание оставшегося метилглюкозида и образовавшегося оксиметилфурфуrolа. Содержание метилглюкозида определяли путем отгонки метанола или бутанола, последующего гидролиза метилглюкозида и определения

выделившегося метилового спирта вакуум-нитритным методом, а также по восстановительной способности образовавшейся глюкозы. По исходному и конечному содержанию метилглюкозида с помощью уравнения для реакции первого порядка вычисляли значение константы скорости распада метилглюкозида ( $K_2$ ) в различные промежутки времени.

Для определения количества образующегося оксиметилфурфурола мы воспользовались данными [5], показывающими наличие максимума поглощения ультрафиолетовых лучей для этого вещества при 285 мк.

Таблица 1

Температура, °C	$K_2$	$Q_{10}$	$E_{кал}$
190	0,00815	1,74	24100
	0,0071	1,42	14800
200	0,0142	1,71	24300
	0,0100	1,40	15250
210	0,0243	1,69	—
	0,0140	—	—
220	0,0412	—	24800
	—	—	—

Примечание. В числителе приведены данные для среды метанола, в знаменателе — для среды бутанола.

Оптическую плотность растворов определяли на спектрофотометре СФ-4 по методике, описанной ранее [1]. Количество образующихся гуминовых веществ находили путем отфильтровывания их на стеклянном фильтре № 4, промывки холодным метанолом до нейтральной реакции и высушивания до постоянного веса. Полученные данные по содержанию оксиметилфурфурола и гуминовых веществ выражали в процентах от содержания  $\alpha$ -метилглюкозида в полученном растворе. В табл. 1 приведены минутная константа скорости реакции  $K_2$ , температурный коэффициент  $Q_{10}$  и энергия активации  $E_{кал}$  распада метилглюкозида.

Приведенные в этой таблице значения констант распада метилглюкозида получены как среднее из ряда определений их за различные промежутки времени.

На рис. 1 приведена зависимость логарифма количества оставшегося метилглюкозида от времени распада в метиловом и бутиловом спиртах.

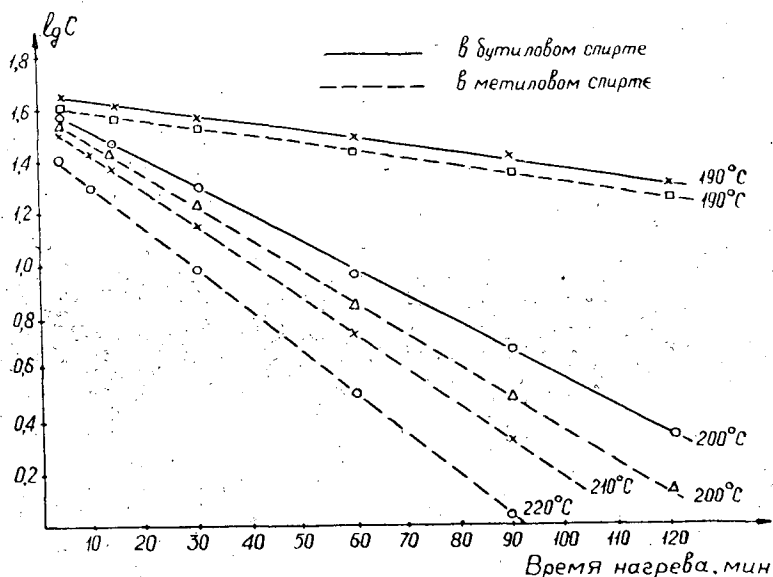


Рис. 1.

Из рисунка видно, что для одинаковых температур точки хорошо ложатся на прямые линии; это подтверждает возможность в наших условиях для вычисления констант ( $K_2$ ) пользоваться уравнением реакции первого порядка. Для исключения искажающего влияния длительности подогрева автоклавов оставшееся количество метилглюкозида после достижения в автоклаве заданной температуры принимали за начальное.

Приведенные данные показывают, что скорость распада метилглюкозида в среде метанола больше, чем в среде бутанола.

На рис. 2 приведены кривые поглощения ультрафиолетового света в растворе метилглюкозида без нагревания (кривая 3), при нагревании ( $t=200^\circ\text{C}$ ) в течение 5 мин (кривая 1) и при нагревании ( $t=200^\circ\text{C}$ ) в течение 20 мин (кривая 2).

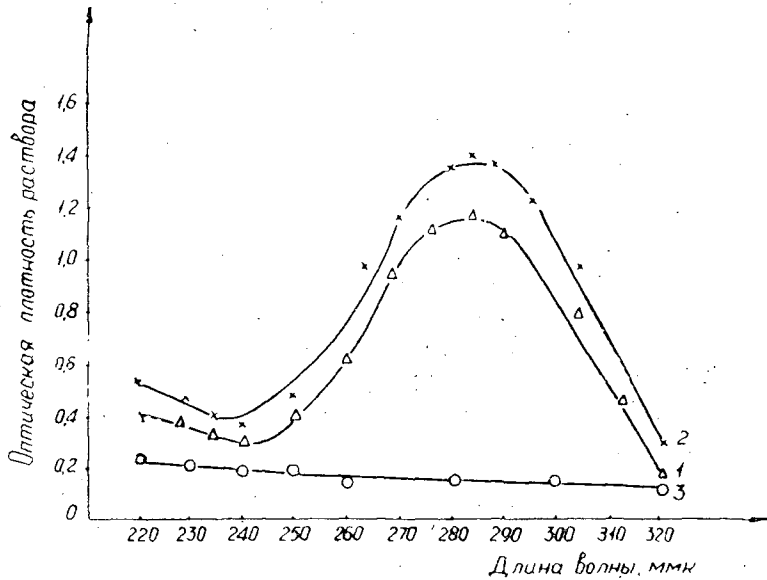


Рис. 2.

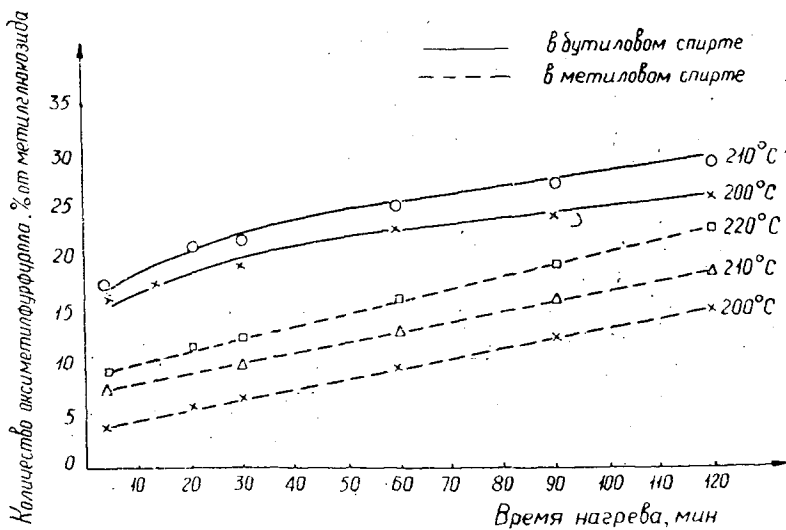


Рис. 3.

По высоте максимума поглощения с помощью градуированной кривой, построенной на растворах с чистым оксиметилфурфуролом вычисляли количество последнего в исследованных растворах. Результаты представлены на рис. 3.

Полученные данные показывают, что скорость накопления оксиметилфурфуrolа в среде бутилового спирта больше, чем в среде метилового. Что касается выхода оксиметилфурфуrolа, то в наших опытах максимум его достигнут не был.

Описанные нами эксперименты позволили перейти к изучению более сложной системы реакции при алкоголизе целлюлозы с образованием алкилглюкозида и последующим распадом его с образованием 5-оксиметилфурфуrolа. Исследованию подвергали беленую хлопковую целлюлозу, которую нагревали в описанных выше автоклавах в избытке метилового и бутилового спиртов, содержащем 1,0% хлористого водорода. Опыты были различными по продолжительности и температуре нагрева. По окончании нагревания автоклавы быстро охлаждали путем опускания их в холодную воду, вскрывали и содержимое переносили на стеклянный фильтр. Оставшуюся на нем нерастворенную целлюлозу стмывали этанолом до нейтральной реакции и высушивали до постоянного веса при 105°С. По разности весов целлюлозы в начале и в конце опыта с помощью уравнения для реакции первого порядка вычисляли константу скорости алкоголиза целлюлозы в разных спиртах и при разных температурах. Количество целлюлозы, оставшееся нерастворенным по истечении периода подогрева, каждый раз принимали за начальное.

На рис. 4 дана зависимость логарифма количества оставшейся целлюлозы от времени распада при разных температурах в метиловом спирте, на рис. 5 — в бутиловом спирте. Прямые линии подтверждают пригодность пользования уравнением реакции первого порядка для вычисления констант скорости реакции.

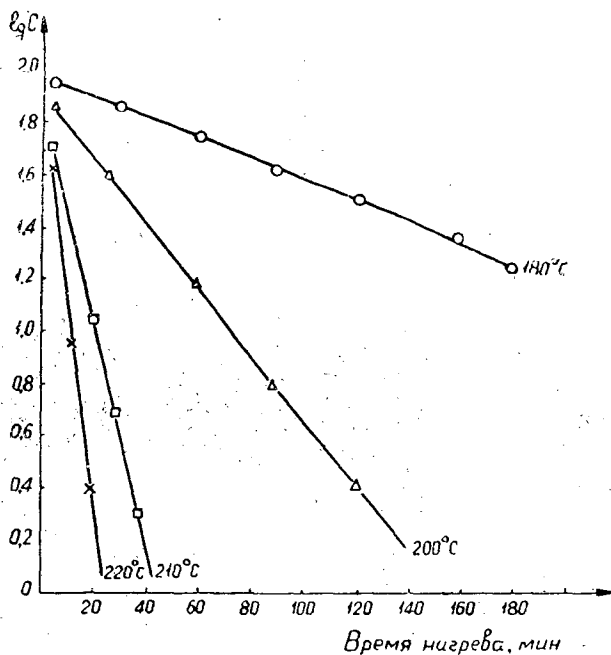


Рис. 4.

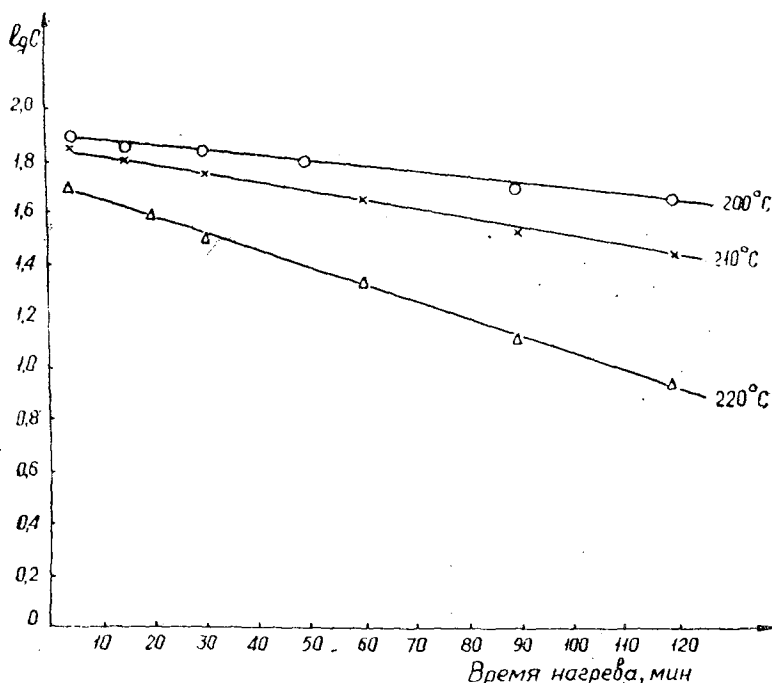


Рис. 5.

В табл. 2 приведены полученные значения констант скорости реакции растворения хлопковой целлюлозы при алкоголизе, температурный коэффициент и энергия активации этих реакций.

Из таблицы видно, что константы скорости растворения хлопковой целлюлозы при одинаковых температурах сильно зависят от природы спирта, в среде которого проводился алкоголиз. Наименьшую скорость растворения целлюлозы мы наблюдали в среде бутилового спирта, наибольшую — в среде метилового. Это указывает на сложную зависимость между скоростью алкоголиза и составом спирта. Растворение хлопковой целлюлозы в различных спиртах одновременно сопровождалось образованием соответствующих количеств глюкозидов, которые при высоких температурах (в виду их неустойчивости) разлагались с описанной выше скоростью. Для выяснения характера накопления этих глюкозидов мы анализировали на содержание метилглюкозида и бутилглюкозида фильтраты, полученные от нагревания целлюлозы в указанных спиртах (в присутствии 1,0% хлористого водорода) при разных температурах. Результаты приведены на рис. 6.

Из рисунка видно, что кривые накопления глюкозидов в растворе проходят через максимум аналогично образованию глюкозы при гидро-

Таблица 2

Температура, °C	$K_1$	$Q_{10}$	$E_{кал}$
180	0,00904	2,10	30900
190	0,019	2,16	33400
200	0,041	2,20	35500
	0,039	2,00	31300
210	0,090	2,24	38100
	0,078	2,10	35000
220	0,202	—	—
	0,164	—	—

Примечание. В числителе приведены данные для среды метанола, в знаменателе — для среды бутанола.

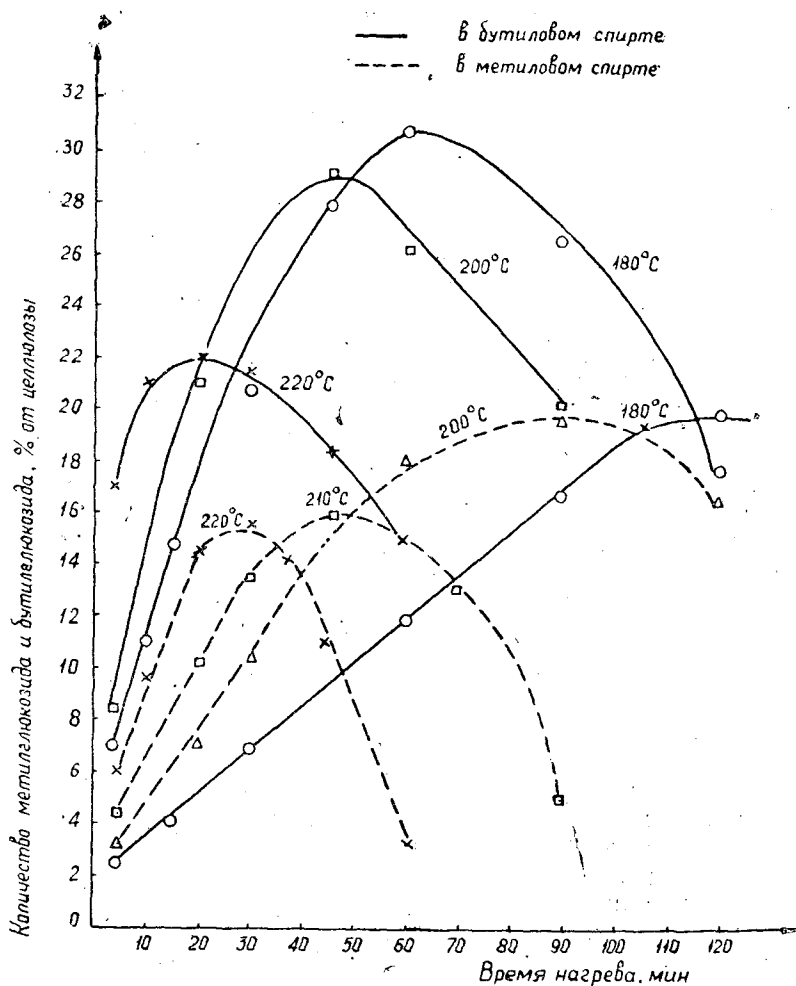


Рис. 6.

лизе целлюлозы [3]. Интересно, что накопление глюкозида в среде бутанолового спирта идет сильнее, чем в среде метилового. Это — следствие более благоприятного соотношения констант скорости бутанолиза и скорости распада бутилглюкозида по сравнению с реакцией метанолиза.

На рис. 6 обращает на себя внимание также снижение высоты максимумов на кривых накопления глюкозидов при повышении температуры реакции. Это резко отличает реакцию алкоголиза целлюлозы от ее гидролиза, где максимум накопления глюкозы растет с повышением температуры [3].

В свете изложенного выше интересно было также экспериментально установить поведение оксиметилфурфуrolа при нагревании в метаноле и бутаноле в присутствии 1,0% хлористого водорода при разных температурах. С этой целью спиртовые растворы, содержащие 1,0% хлористого водорода и 0,5% оксиметилфурфуrolа нагревали в автоклавах по описанной выше методике. После охлаждения и анализа раствора на содержание оставшегося оксиметилфурфуrolа с помощью уравнения первого порядка вычисляли константы скорости распада оксиметилфурфуrolа ( $K_3$ ). Полученные значения этих констант, а также температур-



ный коэффициент и энергия активации разложения оксиметилфурфуrolа приведены в табл. 3.

Имея константы скорости распада целлюлозы  $K_1$ , алкилгликозидов  $K_2$  и оксиметилфурфуrolа  $K_3$  в среде метанола и пользуясь выведенной ранее [2] формулой для определения количества третьего компонента (в наших условиях оксиметилфурфуrolа), можно вычислить накопление его во времени при различных температурах. Полученные данные приведены в виде кривых на рис. 7.

Одновременно мы поставили опыты по определению оксиметилфурфуrolа в растворах, полученных при нагревании хлопковой целлюлозы в среде метанола (в присутствии

Таблица 3

Температура, °C	$K_3$	$Q_{10}$	$E_{кал}$
190	0,038	2,20	34450
	0,027	1,85	26000
200	0,034	2,15	35000
	0,050	1,83	27600
210	0,181	—	—
	0,092	—	—

Примечание. В числителе приведены данные для среды метанола, в знаменателе — для среды бутанола.

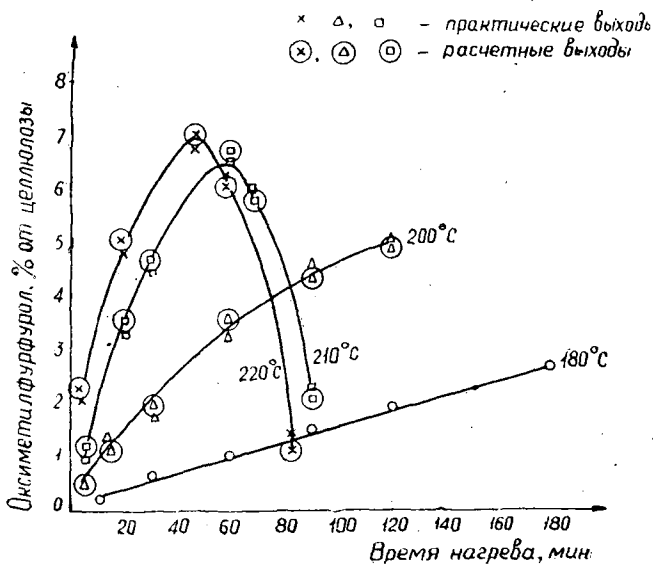


Рис. 7.

1,0% хлористого водорода) при разных температурах. Данные приведены на этом же рисунке. Полученные результаты показывают удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Токарев. Диссертация. 48, ЛТА, 1963. [2]. Б. И. Токарев, В. И. Шарков. Научные труды ЛТА им. С. М. Кирова, 161, 1963. [3]. В. И. Шарков. Гидролизное производство. Т. 1, стр. 195, 1945. [4]. Патент США. 2851468, 1958. [5]. P. Bethge. Svensk papperstidn. 59, № 10, 372, 1956. [6]. H. Teunissen. Ree trav. chem. 49, 784, 1930. [7]. E. Fischer. Ber., 26, 2400, 1893.

Поступила в редакцию  
23 июля 1964 г.

УДК 634.986

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГОХИМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Ю. Я. ЯНЫГИН

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Вопросы газификации древесного топлива под давлением слабо изучены и недостаточно освещены [1], [4], [9], [10], [7].

В задачу нашего исследования входило изучение влияния на процесс газификации древесины под давлением следующих факторов: 1) влажности древесины; 2) породы и фракционного состава древесного топлива.

Шахта газогенератора экспериментальной установки рассчитана на давление 15 *ата*, имеет диаметр живого сечения 400 *мм* (с учетом 30 *мм* футеровки) и высоту 2100 *мм*. Сжатый воздух подается в газогенератор через фурменный пояс из баллонной группы лаборатории теплообмена. В шахте создается запас топлива (как бы во внутреннем бункере) и по мере его выгорания опыт прекращается. Все заборы газовых проб и другие измерения производятся в период опыта, когда процесс наиболее соответствует действительным условиям. Такие условия могут быть, например, после подачи очередной порции топлива в газогенератор при методе шлюзирования.

В качестве определяющих параметров процесса газификации принимают давление и температурный режим в газогенераторе. Для отбора парогазовой смеси применяют специальное устройство, состоящее из холодильника (труба в трубе), барботеров, фильтра и газового счетчика. Конденсация паров воды и смол в холодильнике происходит в условиях повышенного давления и весьма эффективна. Пробы газа забирают в аспираторы и затем анализируют на газоанализаторе ВТИ-2.

В конденсате, полученном из парогазовой смеси, определяют содержание смол и кислот (по методике ЦНИЛХИ). Температурный режим регистрируют по всей высоте газогенератора термопарами (вольфрам-рениевыми, платиноводород-платиновыми и хромель-алюмелевыми), связанными с потенциометрами.

В зону газификации поступает уголь, полученный в результате пиролиза древесины. Происходит прямой процесс газификации на воздушном дутье повышенного давления.

С учетом влияния давления отношение окислов в конце кислородной зоны можно выразить формулой [2], [3], [8]

$$\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2} = k \cdot e^{\frac{\Delta E}{RT}} \cdot P^n, \quad (1)$$

где  $\Delta E$  — величина, близкая к разности энергий активации реакций образования окислов углерода;

$k$  — коэффициент пропорциональности, зависящий как от химических, так и от физических факторов;

$R$  — газовая постоянная;

$T$  — абсолютная температура активной зоны;

$P$  — давление в газогенераторе;

$n$  — некоторый коэффициент.

С другой стороны, для конца кислородной зоны имеем следующую зависимость, выведенную на основании уравнений материального и теплового балансов [6]

$$m = \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2} = \frac{634540 - 260,644t - 0,0284480t^2}{150,856t + 0,0132339t^2 - 171250} \quad (2)$$

Графическое решение уравнений (1) и (2) представлено на рис. 1.

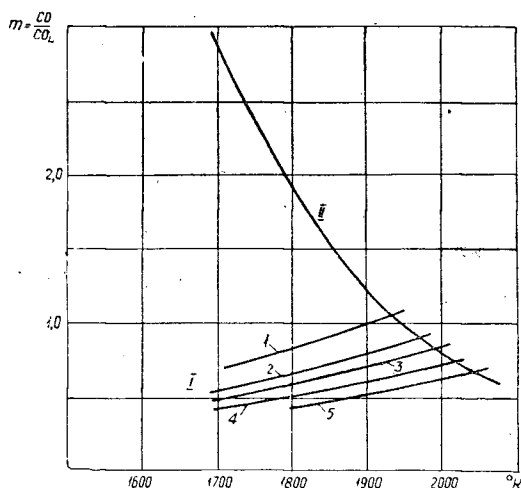


Рис 1. I — кривые по формуле (1);

1 —  $P=1$ ; 2 —  $P=2$ ; 3 —  $P=3$ ; 4 —  $P=5$ ; 5 —  $P=8$  ата;  
II — кривые по формуле (2).

Из графика видно, что повышение давления в газогенераторе способствует увеличению температуры в активной зоне.

Определив таким образом температуру активной зоны, найдем значение отношения окислов в конце зоны восстановления

$$m_B = 4,41 \cdot 10^{-3}t + 5,98 \cdot 10^{-6}t^2 - 12,52;$$

для давления  $P = 3$  ата  $t = 1680^\circ \text{C}$ ;  $m_B = 11,67$ .

В 1 кг древесного угля, поступающего в активную зону, будет содержаться  $C_T = 6,875 \cdot 10^{-2}$  молей;  $H_T = \left[ \frac{2,31}{2} \cdot 10 \right] = 1,255 \cdot 10^{-2}$  молей;

$(\text{H}_2\text{O})_T = 0,844 \cdot 10^{-2}$  молей (после пересчета на воду Дюлонга).

Содержание компонентов газа на выходе из зоны восстановления представлено в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты газа	Формула	Содержание	
		молей	кг
CO <sub>2</sub>	$\frac{C_T - \dot{C}N_4^*}{1 + m_B}$	$0,504 \cdot 10^{-2}$	0,222
CO	$m_B \cdot CO_2$	$5,86 \cdot 10^{-2}$	1,64
H <sub>2</sub>	$\frac{m_B \cdot [i(H_2O)_T + (H_2)_T - 2CH_4]}{k_p + m_B}$	$0,736 \cdot 10^{-2}$	0,0147
	(i — степень разложения влаги, равная 0,7)		
H <sub>2</sub> O	$\frac{k_p \cdot [i(H_2O)_T + (H_2)_T - 2CH_4]}{k_p + m_B}$	$0,101 \cdot 10^{-2}$	0,0182
N <sub>2</sub>	$\frac{79}{21} \left[ CO_2 + \frac{1}{2} CO + \frac{1}{2} H_2O - \frac{1}{2} i(H_2O)_T \right]$	$12,0 \cdot 10^{-2}$	3,36

Содержание метана принято равным  $0,5 \cdot 10^{-2}$  молей или 0,08 кг.

Выход сухого газа из 1 кг угля  $E' = 4,39 \frac{н.м^3}{кг}$ .

Состав сухого газа на выходе из зоны восстановления (объемн. %): CO<sub>2</sub> = 2,57; CO = 29,9; H<sub>2</sub> = 3,76; CH<sub>4</sub> = 2,54; N<sub>2</sub> = 61,23.

Влагосодержание газа  $W_T = 4,7 \frac{г}{н.м^3 \text{ газа}}$ , то есть очень мало. Удельный вес сухого газа при нормальных условиях  $\gamma_{снг} = 1,21$ .

Принимая (по В. И. Корякину) выход угля в процессе пиролиза равным 0,306 кг на 1 кг абс. сухой древесины и определив по составу газа расход дутьевого воздуха  $G_B = \frac{N_2}{80} E' \gamma_B^0 = 4,34 \frac{кг}{кг}$ , составим материальный баланс зоны газификации (табл. 2).

Таблица 2

Приход		Расход	
Вес топлива	$\epsilon = 0,306 \text{ кг}$	Вес газа	$\epsilon E' \gamma_{снг} = 1,6:0 \text{ кг}$
Вес воздуха	$\epsilon G_B = 1,326 \text{ кг}$	Вес золы	$\frac{A^p}{100} \epsilon E' = 10 \text{ кг}$
Итого	1,632 кг	Итого	1,630 кг

Разницу 0,002 кг составляют влага и потери с провалом и уносом.

**Тепловой баланс зоны газификации.** Мы считаем, что пиролиз древесины заканчивается при температуре 450° С. Таким образом, в зону газификации должен поступать уголь при этой температуре, имеющий теплоемкость  $c_y = 0,27 \frac{ккал}{кг}$ .

Приход тепла с топливом: а) физическое тепло  $Q_{\phi}^T = C_y \epsilon t = 37 \frac{ккал}{кг}$ ; б) химическое  $Q_x^T = Q_H^T \epsilon = 2205 \text{ ккал}$ . Физическим теплом воздуха пренебрегаем.

Расход тепла. 1. С генераторным газом: а) химическое тепло  $Q^T = Q_H^p E' \epsilon = 1640 \text{ ккал}$ ; б) физическое тепло  $Q_{CO} = 0,1238 t + 0,0000115 t^2$ ;  $Q_{CO_2} = 0,0142 t + 0,0000390 t^2$ ;  $Q = 0,0149 t + 0,0000934 t^2$ ;

$Q_{H_2} = 0,01531 t + 0,0000064 t^2$ ;  $Q_{H_2} = 0,25200 t + 0,0000206 t^2$ ;  $Q_{\phi}^r = 0,4202 t + 0,0001709 t^2$ . 2. При прокалке угля  $Q_{np} = C_y \Delta t 0,306 = 0,0825 t - 37$ . 3. С золой и уносом: а) при  $t_{зола} = 300^\circ \text{C}$  физическое тело  $Q_{\phi}^3 = C_3 \frac{A^p}{100} \varepsilon t_3 = 1 \text{ ккал/кг}$ ; б) химическое  $Q_x^3 = (1 - \xi) Q_H^p T \varepsilon = 49 \text{ ккал/кг}$ . 4. С влагой газа  $Q_{H_2O} = g_{H_2O} (C_{pmt} + r) = 0,00276 t + 0,00000047 t^2 + 3,8$ . 5. Потери тепла в окружающую среду  $Q_{охл} = 72 \text{ ккал/кг}$ .

В результате уравнение теплового баланса принимает следующий вид:

$$0,0001714t^2 + 0,5054t - 513 = 0, \quad (3)$$

откуда  $t = 872^\circ \text{C}$ .

Таким образом, средняя температура газа на выходе из зоны газификации угля составляет  $872^\circ \text{C}$ .

Уравнение тепло- и массообмена в процессе сушки материала при постоянных  $\alpha$ ,  $C$  и  $\rho$  может быть представлено следующим образом:

$$\alpha(t_c - t_w) \cdot S = VC\rho(1 - m) \frac{dt_{cp}}{d\tau} + r \frac{dM}{d\tau}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  — среднее значение коэффициента теплообмена;  
 $S$  — полная поверхность материала;  
 $V$  — объем материала;  
 $C$  — весовая теплоемкость влажной древесины;  
 $\rho$  — плотность влажной древесины;  
 $m$  — порозность слоя древесины;  
 $t_{cp}$  — средняя температура древесины по объему;  
 $t_c$  — температура среды (газа);  
 $t_w$  — температура поверхности материала;  
 $M$  — количество влаги в древесине с учетом влаги разложения;  
 $\frac{dM}{d\tau}$  — скорость сушки.

Выражаем

$$Re = \frac{G \cdot RT}{\nu \cdot Pf} = \frac{4}{\pi d^2} \cdot \frac{GRT}{\nu P};$$

$$Nu = 0,24 Re^{0,83}; \quad \alpha = \frac{\lambda Nu}{d},$$

где  $d$  — эквивалентный диаметр куска топлива.

Исходя из указанных предпосылок, можно найти скорость и продолжительность сушки.

Некоторые показатели газификации древесных отходов под давлением приведены в табл. 3.

Визуальное наблюдение за горением генераторного газа в камере сгорания производит хорошее впечатление. Пламя устойчивое, без срывов.

Таблица 3.

Показатели	Единицы измерения	Величина показателей в опытах					
		№ 45	№ 43	№ 34	№ 36	№ 46	№ 47
Влажность топлива	отн. %	30	35	35	36	25	25
Давление в газогенераторе	кг/см <sup>2</sup>	2,0	3,0	4,0	6,0	6,2	2,8
Напряжение сечения шахты по топливу	кг/м <sup>2</sup> час	900	1220	1400	1521	1960	1240
Состав газа:							
CO <sub>2</sub>	объемн. %	5,0	5,0	7,2	5,4	7,0	6,6
C <sub>m</sub> H <sub>m</sub>	"	0,1	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5
O <sub>2</sub>	"	0,2	0,4	0,1	0,4	0,1	0,5
CO	"	25,8	27,7	28,2	28,0	27,4	26,0
H <sub>2</sub>	"	7,8	8,7	8,9	8,8	8,6	7,1
CH <sub>4</sub>	"	2,0	1,1	1,3	1,3	2,2	3,3
N <sub>2</sub>	"	59,1	56,8	53,8	52,7	54,3	56,6
Теплотворность газа	ккал/нм <sup>3</sup>	1165	1172	1274	1250	1220	1326
Выход газа	нм <sup>3</sup> /кг ст	1,86	1,90	1,73	1,85	1,73	1,80
Содержание смолы в газе	г/нм <sup>3</sup>	93	95	90	92	107	86
Выход смолы	% от веса абс. сухой древесины	17,3	18,1	15,6	17,0	18,5	16,3

Примечание: 1. Топливо — щепы 50, опилки 20, кора 10, дробленые 20%.  
2. Выход уксусной кислоты в среднем 3,0%.

Как показывают расчеты и опыты, при газификации древесины под давлением значительно возрастает интенсивность газификации (в 4—5 раз), достигая 1000—1500 кг/м<sup>2</sup> час (по сухому топливу). Размеры установки уменьшаются примерно в 1,5 раза. Получается горючий генераторный газ, после предварительной очистки пригодный (при его непосредственном вводе в камеру сгорания ГТУ) для питания газовых двигателей и газотурбинных установок [4], [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Я. Илек. Новые способы газификации топлива кислородом (Чешская), 1957.  
[2]. Б. Д. Кацнельсон и др. Слоевые методы энергохимического использования топлива (под ред. проф. В. В. Померанцева), 1963. [3]. В. И. Корякин. Термическое разложение древесины, 1962. [4]. М. И. Рабинович. Использование высоких давлений в газогенераторной технике (на украинском яз.), 1958. [5]. П. Н. Романенко. Тепло-вые электрические станции лесопромышленных предприятий. М., 1962. [6]. Я. В. Сладкевич. Отчет по теме № 140, МЛТИ, 1960. [7]. С. Д. Федосеев и А. Б. Чернышев. Полукочкавание и газификация твердого топлива. М., 1960. [8]. ЦНИИМЭ. Труды, XXVII выпуск. [9]. А. Б. Чернышев. Избранные труды. Изд. АН СССР, 1956. [10]. Н. В. Шишаков. Основы производства горючих газов. 1948. [11]. Н. В. Шишаков и др. Методы анализа и испытания углей как сырья для промышленного использования, 1961.

Поступила в редакцию  
15 июля 1964 г.

УДК 676.16.02

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС  
СУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С КИСЛОТОЙ НА  
РАСТВОРИМЫХ ОСНОВАНИЯХ**

**Ю. Н. НЕПЕНИН**

Доцент, кандидат технических наук

**А. Д. БУЕВСКАЯ**

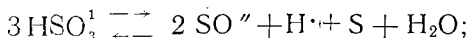
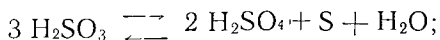
Младший научный сотрудник

**Т. В. НАЗАРЕНКО**

Инженер

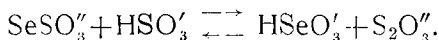
(Ленинградская лесотехническая академия)

Как известно, основные реакции варки сульфитной целлюлозы сопровождаются разнообразными побочными реакциями, значительно осложняющими процесс. Последние мало изучены и об их участии можно судить, главным образом, по конечным продуктам, обнаруженным в отработанном щелоке [2]. Наличие в щелоке осадков гипса и элементарной серы, присутствие в растворе ионов серной и тиосерной кислот свидетельствует о происходящем во время варки процессе разложения сернистой кислоты и бисульфита. Как показал Фёрстер с сотрудниками [10], этот процесс можно изобразить в виде схематичных уравнений:

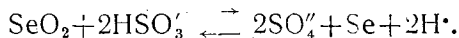


при этом получают промежуточные продукты — тиосульфат-ион  $\text{S}_2\text{O}_3^{\cdot}$  и полиитионаты  $\text{S}_5\text{O}_6^{\cdot}$ ,  $\text{S}_4\text{O}_6^{\cdot}$ ,  $\text{S}_3\text{O}_6^{\cdot}$ . Элементарная сера выпадает в осадок на заключительной стадии процесса, когда уже значительная часть бисульфита разложилась и образовалось много серной кислоты.

Реакции разложения сернистой кислоты усиливаются с повышением температуры [8] и в присутствии некоторых «загрязнителей» [1] отработанного щелока, колчеданных огарков, турменного шлама, элементарной серы, мышьяка и, в особенности, селена (последний играет роль чрезвычайно сильного положительного катализатора). Согласно Фёрстеру [10], селен растворяется в сернистой кислоте в виде селено-сульфата  $\text{SeSO}_3^{\cdot}$ , который затем превращается в анион селенистой кислоты



Селенистая кислота выступает в роли окислителя, причем селен восстанавливается по реакции



Далее цель реакции повторяется снова.

Некоторые органические вещества (муравьиная кислота, сахара и др.), возникающие во время варки, также заметно усиливают процессы разложения сернистой кислоты и бисульфита [6]. Образование больших количеств серной кислоты вызывает усиленную гипсацию и ненормальное повышение активной кислотности, которое способствует развитию реакций конденсации лигнина и в некоторых случаях приводит к явлению «черной варки». При использовании для варки кислоты с растворимыми основаниями (натриевым, аммониевым) образование серной кислоты менее опасно, так как вместо нерастворимого гипса, увлекающего в осадок ионы основания, образуются хорошо растворимые сульфаты, и все ионы основания остаются в растворе [3].

В работах ЛТА [4] было показано, что растворимые сульфаты могут играть роль основания при сульфитной варке, так как под действием сернистой кислоты происходит расщепление сульфата на бисульфит и бисульфат. В результате на каждый эквивалент образующейся серной кислоты из реакций с лигнином выбывает лишь пол-эквивалента растворимого бисульфита:  $H_2SO_4 + NaHSO_3 \rightleftharpoons H_2SO_3 + NaHSO_4$ , а не целый эквивалент, как это имеет место при варке на кальциевом основании (вследствие образования гипса).

Нами были проведены: 1) сравнительные варки с кислотой, содержащей кальциевое, аммониевое и натриевое основания, в присутствии добавок селена; 2) варки с кислотой на натриевом основании в присутствии различных загрязнителей — ионов  $S^{2-}$  и  $S_2O_3^{2-}$ , перепускного и отработанного щелоков, пяти- и шестиатомных сахаров.

Для варок использовали еловую щепу длиной 20—25 мм и толщиной 2—3 мм. Древесина имела следующий состав (вес. %): зола — 0,21, смола — 1,22, целлюлоза Кюршнера — 52,9, лигнин в обессмоленной древесине — 28,2, пентозаны — 8,7. Влажность щепы составляла около 10%.

Варки были проведены в автоклавах из нержавеющей стали (емкостью 150 мл), обогреваемых на глицериновой бане. В каждый автоклав загружали 20 г щепы (считая на абс. сухой вес) и заливали 100 мл кислоты, содержащей 7% всей  $SO_2$  и 0,9% связанной  $SO_2$ . Температурный режим всех варок был одинаков: подъем до  $110^\circ C$  — 2 час., стоянка на  $110^\circ C$  — 2 час., подъем до  $145^\circ C$  — 2 час., стоянка на  $145^\circ C$  — 45 мин.

В первой серии варок селен добавляли в виде раствора селенистой кислоты (10 и 50 мг селена на 1 л варочной кислоты). Результаты этих варок представлены в табл. 1.

Варки с кислотой на основании	№ варок	Добавка селена, мг/л	Выход целлюлозы, % от древесины	Жесткость целлюлозы, единицы Бьеркмана	Содержание в целлюлозе, %		
					лигнина	пентозанов	альфа-целлюлозы
Кальциевом	1	0	48,5	97	2,51	2,96	—
	2	10	42,8	128	2,90	2,24	—
	3	50	Черная варка				
Аммониевом	4	0	51,0	46	0,85	4,32	89,8
	5	10	48,8	76	1,44	3,32	69,6
	6	50	42,9	80	2,02	2,44	—
Натриевом	7	0	49,4	40	0,79	4,21	—
	8	10	49,5	61	1,46	4,22	89,7
	9	50	44,7	76	1,84	2,50	89,4



Из таблицы ясно видно ухудшающее действие добавок селена при варке с кислотой на любом основании. При этом падает выход и повышается жесткость целлюлозы, содержание лигнина в целлюлозе соответственно растёт, а гемицеллюлоз (пентозанов) уменьшается. Эти изменения являются результатом варки при повышенной активной кислотности (о чем свидетельствует понижение рН щелока) и уменьшенной концентрации бисульфита.

Весьма интересны изменения состава конечного щелока, происходящие при варке с добавкой селена: если содержание легкоотщепляемой  $\text{SO}_2$  практически не изменяется, то содержание всей (остаточной)  $\text{SO}_2$  в щелоке падает в результате усиленного развития реакций разложения; об этом же свидетельствует повышение концентрации ионов тиосульфата, и, особенно, сульфата. При варке на кальциевом основании содержание общей серы в щелоке заметно уменьшается вследствие выпадения в осадок гипса и элементарной серы.

При сопоставлении результатов варок на кальциевом и растворимых основаниях видна существенная разница. Если при варке на кальциевом основании добавка 10 мг селена на 1 л кислоты уже вызвала обильную гипсацию, а прибавление 50 мг привело к явлению типичной черной варки, то при варке на растворимых основаниях добавка 10 мг селена на 1 л кислоты не вызвала никаких осадков в щелоке, а прибавление 50 мг хотя и сопровождалось выпадением серы, но не привело к черной варке. Активная кислотность при варке на растворимых основаниях оказалась менее высокой (значения рН больше), чем при варке на кальциевом основании, несмотря на то, что концентрация иона  $\text{SO}_4^{--}$  для первого случая была выше. Таким образом, присутствие селена в варочной кислоте на растворимых основаниях приносит гораздо меньше неприятностей, чем при обычной варке на кальциевом основании.

При сопоставлении результатов варок на аммониевом и натриевом основаниях с добавками селена заметна очень небольшая разница: во втором случае выход целлюлозы несколько выше, а жесткость меньше.

Вторая серия варок была проведена с целью выяснить влияние сульфидов и тиосульфатов при варке с кислотой на натриевом основании. Попадания этих веществ в кислоту возможно при регенерации натриевого основания (путем сжигания отработанных щелоков), поэтому этот вопрос имеет и практическое значение [5]. Сульфид и тиосульфат натрия были введены в кислоту в процессе ее приготовления, причем входя-

Таблица 1

Содержание в щелоке после варки, %						Примечание
общей $\text{SO}_2$	легко отщепляемой $\text{SO}_2$	иона $\text{S}_2\text{O}_3^{--}$	иона $\text{SO}_4^{--}$	общей серы	рН	
3,68	0,77	0,24	0,27	5,67	1,13	Щелок прозрачный
2,63	0,71	0,38	0,55	4,85	0,95	В щелоке обильный осадок гипса и серы
1,98	0,77	0,41	1,00	4,50	0,86	"
3,78	0,67	0,11	0,22	5,42	1,21	Щелок прозрачный
3,27	0,70	0,17	0,57	5,65	1,07	"
1,89	0,90	0,22	1,57	5,35	0,94	В щелоке осадок серы
3,75	0,74	0,10	0,19	5,77	1,18	Щелок прозрачный
3,58	0,74	0,24	0,36	5,70	1,13	"
2,37	0,74	0,28	1,24	5,45	0,95	В щелоке осадок серы

щий в их состав натрий учитывался как часть основания; общее содержание которого во всех случаях было сохранено эквивалентным 0,9% связанной  $SO_2$ ".

Результаты этих варок представлены в табл. 2.

Варка с добавкой в кислоту	№ варок	Содержание в составе основания сульфида (тиосульфата), эквивалентных %	Выход целлюлозы, % от древесины	Жесткость целлюлозы, единицы Бьеркмана	Содержание, %	
					лигнин	пентозанов
Na <sub>2</sub> S	10	0	46,5	39	1,17	3,69
	11	10	47,8	73	2,18	3,96
	12	25	43,3	140	5,33	1,96
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	0	46,5	39	1,17	3,69
	13	10	47,5	107	2,97	3,76
	14	25	64,5	черная варка		

Таблица 3

Щелок	Состав щелока							
	сухой остаток, Г/л	зольный остаток, Г/л	органический остаток, Г/л	общая SO <sub>2</sub> , %	легко отщепляемая SO <sub>2</sub> , %	Na <sub>2</sub> O, %	общих Р.В., %	pH
Перепусковой	46,3	17,4	28,9	1,34	0,32	0,50	0,80	2,06
Отработанный	125,0	18,8	106,2	0,10	0,45	0,05	3,53	1,36

Из таблицы видно, что замещение некоторой части натриевого основания сульфидом и тиосульфатом заметно усиливает реакции разложения сернистой кислоты. Присутствие в составе основания 10% Na<sub>2</sub>S вызывает повышение жесткости целлюлозы; при наличии в его составе 10% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> жесткость возрастает существенно и целлюлоза темнеет; замещение 25% основания сульфидом приводит к снижению выхода и получению очень жесткой, темной и костричной целлюлозы; и, наконец, при замене тиосульфатом 25% основания получается черная варка.

Таким образом, ухудшающее влияние тиосульфата относительно сильнее.

Дело в том, что в варочной кислоте сульфида как такового нет, так как еще при приготовлении кислоты он превращается частично в тот же тиосульфат, частично в бисульфит. По исследованиям В. Кубелки [9], при пропускании 100%-ного сернистого газа через холодный раствор

Варки с добавками	№ варок	Вид загрязнения кислоты	Выход целлюлозы, % от древесины	Показатели целлюлозы		
				жесткость, единицы Бьеркмана	содержание, %	
					лигнин	пентозанов
Щелока (50% от объема кислоты)	15	Перепусковой щелок	47,8	53	1,33	3,69
	16	Отработанный щелок	45,3	65	1,86	3,42
Сахаров (50 Г на 1 л кислоты)	17	Ксилоза . . . . .	44,8	47	1,16	3,50
	18	Галактоза . . . . .	46,0	53	1,43	3,43

сульфида (что соответствует лабораторным условиям получения кислоты) около 60% сульфида переходит в тиосульфат, остальное его количество дает бисульфит. Следовательно, варку № 11 с добавкой 10%  $\text{Na}_2\text{S}$  по существу надо рассматривать как варку с добавкой 6%  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , а варку № 12 как варку с добавкой 15%  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Из наших

Таблица 2

Содержание в щелоке после варки, %						Примечание
общей $\text{SO}_2$	легко отщепляемой $\text{SO}_2$	иона $\text{S}_2\text{O}_3''$	иона $\text{SO}_4''$	общей серы	pH	
2,59	0,96	0,17	0,46	5,14	1,04	Щелок прозрачный
2,78	0,93	0,24	0,56	5,28	1,06	"
1,76	0,83	0,31	1,74	5,70	0,84	В щелоке осадок, серы
2,59	0,96	0,17	0,46	5,14	1,04	Щелок прозрачный
2,11	0,80	0,36	0,96	5,18	1,03	"
1,25	0,80	0,26	2,08	4,66	0,86	В щелоке осадок серы

опытов можно заключить, что при варке с кислотой на натриевом основании содержание тиосульфата в составе основания не должно превышать 4—5%.

В третьей серии варок выяснили влияние добавок перепускного и отработанного щелоков, а также сахаров. Для получения щелока была проведена отдельная варка с кислотой на натриевом основании (в автоклаве емкостью 2 л).

Перепускной щелок был отобран из автоклава после стоянки на  $110^\circ\text{C}$ .

Состав полученных щелоков дан в табл. 3.

Перепускной и отработанный щелока добавляли к кислоте в процессе приготовления в количестве 50% по объему; при расчете количества основания принималось во внимание остаточное содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  в щелоках. После насыщения сернистым газом смесь кислоты и щелока содержала 7% всей  $\text{SO}_2$  и 0,9% связанной  $\text{SO}_2$ , как во всех варках. Ксилозу (пятиатомный сахар) и галактозу (шестиатомный сахар) добавляли в кислоту в сухом виде в количестве 50 г на 1 л кислоты.

Результаты третьей серии варок приведены в табл. 4.

При сопоставлении варок № 15 (табл. 4) и № 10 (без добавок загрязнителей, табл. 2) можно видеть, что при использовании 50% перепускного щелока состав его после варки остается без всяких изменений, поэтому наблюдаемое для варки № 15 небольшое повышение жесткости целлюлозы при одновременном увеличении выхода должно быть отнесе-

Таблица 4

Показатели щелока после варки						Примечание
содержание, % $\text{SO}_2$					pH	
общей $\text{SO}_2$	легко отщепляемой $\text{SO}_2$	иона $\text{S}_2\text{O}_3''$	иона $\text{SO}_4''$	общей серы		
2,85	0,96	0,17	0,42	5,31	1,03	Щелок прозрачный
2,20	1,08	0,19	0,79	5,90	0,87	"
1,92	1,28	0,26	0,56	5,26	0,93	"
2,40	1,18	0,26	0,62	5,30	0,92	"

но к числу случайных. Таким образом, при варке на натриевом основании можно применять глубокий перепуск щелока. Использование 50% отработанного щелока (варка № 16) уже не проходит так бесследно: содержание иона  $\text{SO}_4^{--}$  в щелоке после варки заметно возрастает, кислотность повышается; поэтому наблюдаемое повышение жесткости и понижение выхода целлюлозы вполне закономерны. Однако эти изменения не очень значительны, и можно заключить, что варка на натриевом основании открывает практическую возможность частичного повторного использования отработанного щелока, а, как известно, такой способ варки имеет большие преимущества с точки зрения переработки сульфитного щелока, так как позволяет получать концентрированный щелок с высоким содержанием сахаров [7].

Результаты варок № 17 и 18 показывают, что присутствие в щелоке даже очень больших количеств моносахаридов (25% к весу древесины) оказывает сравнительно малое влияние на процесс разложения сернистой кислоты во время варки. Несколько повышается активная кислотность, в связи с чем слегка возрастает жесткость, а при варке с добавкой ксилозы снижается выход целлюлозы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Непенин. Производство целлюлозы. ГЛТИ, 1940, стр. 121—123.
- [2]. Н. Н. Непенин. Технология целлюлозы т. I, ГЛВИ, 1956, стр. 291—296.
- [3]. Ю. Н. Непенин. Сб. «Варка сульфитной целлюлозы с растворимыми основаниями», ЦИНТИ бумажной и деревообрабатывающей промышленности, 1961, стр. 40—52.
- [4]. Ю. Н. Непенин. Там же, стр. 52—64. [5]. Ю. Н. Непенин. Там же, стр. 65—81. [6]. М. Г. Элиашберг, М. Н. Цыпкина, М. П. Лемберанская. «Материалы ЦНИИБа». вып. 40, 1953, стр. 63—91. [7]. E. Hägglund. «Das Papier», 7, № 3—4, 41—46, 1953. [8]. N. Hartler, L. Lind, L. Stockman. Svensk Papperstidning, 64, № 9, 336—340, 1961. [9]. V. Kubelka. «Chemische Zvesti», XII, № 6, 370—375, 1958. [10]. F. Förster, F. Lange, O. Drossbach, J. Saydel. «Zeitschr für anorg. und allgem. Chemie», 128, 245, 1923.

Поступила в редакцию  
7 сентября 1964 г.

УДК 674.87

**ПОЛУЧЕНИЕ ВОДНОРАСТВОРИМЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
ХЛОРОФИЛЛА ИЗ ХВОИ****Сообщение 1****Р. А. БАРАНОВА**

Аспирант

**А. Л. АГРАНАТ**

Старший научный сотрудник, кандидат технических наук

**Ф. Т. СОЛОДКИЙ**

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия, Проблемная лаборатория  
по использованию живых элементов дерева)

Вследствие большой нестойкости хлорофилла, трудности отделения от сопутствующих веществ попытки выделить его в чистом виде долгое время кончались неудачно или вели к неопределенным результатам. Мы разработали принципиальную схему получения воднорастворимых производных хлорофилла из хвои [3]. Эта схема дана на рис. 1.

*Экспериментальная часть*

Хлорофилл-сырец был получен из производственных бензиновых экстрактов смолистых веществ хвои сосны и ели (в цехе хвойной хлорофилло-каротиновой пасты при Лисинском учебно-опытном лесхозе Лесотехнической академии). В каждом опыте обрабатывали 5 л экстракта. Омыление, разложение кислотой и промывку проводили при температуре 50—60°С с перемешиванием. Омыление производили до явно щелочной реакции, разложение — до явно кислой. Хлорофилл-сырец очищали и переводили в воднорастворимый продукт в лабораторных условиях. Содержание хлорофилла по всем стадиям технологического процесса определяли на колориметре М. Выходы хлорофилла-сырца и полупродуктов при обработке бензиновых экстрактов смолистых веществ хвои сосны и ели даны в табл. 1.

Результаты опытов показывают, что содержание хлорофилла в сырце не превышает 12% (от 12 до 55% от содержания хлорофилла в экстракте). В результате омыления 10%-ным водным раствором щелочи примерно половина хлорофилла остается в бензиновом экстракте.

Содержание хлорофилла в экстракте и выход хлорофилла-сырца в значительной степени зависят от вида и качества сырья. Переработка хвои не связана с сезонностью, но содержание хлорофилла в хвое зависит от времени года, условий произрастания, возраста деревьев [1], [2], [4]. Кроме того, содержание хлорофилла в экстракте зависит от условий экстракции и, в частности, от ее продолжительности.

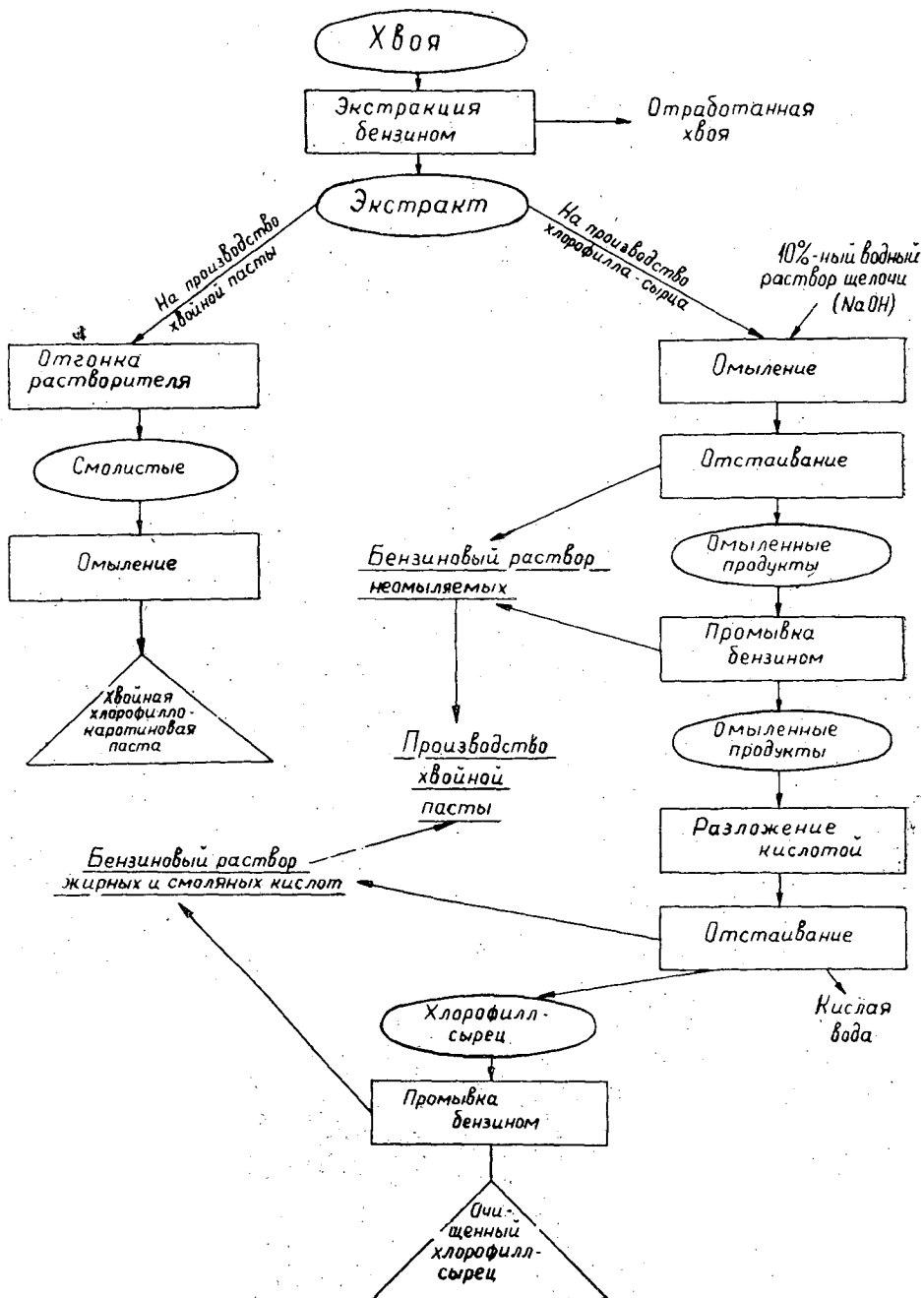


Рис. 1.

Таблица 1

№ опыта	Сырье	Хлорофилл в экстракте, г	Смолистые вещества в экстракте, %	Неомыляемые, % к смолистым	% к смолистым			Хлорофилл в неомыляемых, % к содержанию в экстракте	Хлорофилл-сырец, г на абс. сухую навеску	Содержание хлорофилла в сырце	
					Неомыляемые в бензине 1 и 2-й промывки,	Кислоты в бензине после разложения серной кислотой,	Кислоты в бензине 1 и 2-ой промывки,			% на сухой вес сырца	% от содержания хлорофилла в экстракте
1	Ель 100%	—	10,28	31,90	1,49	—	44,80	—	59,10	10,85	—
2	" "	3,80	4,72	30,70	3,52	40,00	5,22	—	56,90	10,90	55,00
3	Сосна 100%	4,65	6,58	28,00	3,91	47,20	4,17	27,20	95,10	10,50	16,30
4	" "	3,70	8,62	46,50	2,30	62,50	3,14	35,50	95,70	11,62	12,50
5	" "	2,90	9,44	25,00	2,48	27,80	3,60	18,50	73,00	8,55	12,40
6	Ель 40%, сосна 60%	2,38	12,72	37,60	2,90	35,40	—	46,20	75,00	5,60	22,70
7	" "	2,00	13,14	40,00	2,48	38,10	—	55,00	79,60	5,60	25,00
8	" "	—	10,78	39,20	3,28	57,00	7,86	—	73,00	11,75	—

Для выяснения кинетики экстракции хлорофилла бензином в зависимости от продолжительности экстрагирования были проведены опыты на модельном аппарате. Сосновую хвою предварительно разминали. Экстракцию проводили фракцией бензина, кипящей при 80—120°С дефлегмационным способом. Через каждый час экстракт сливали и заливали свежую порцию бензина. Каждую порцию экстракта анализировали на содержание смолистых веществ и хлорофилла. Содержание хлорофилла в хвое и экстрактах определяли на фотоэлектроколориметре. Загрузка хвои на опыт 25 г. Соотношение хвои и бензина 1:4. Содержание хлорофилла в хвое 0,09% к сырому весу. Средние результаты опытов даны в табл. 2.

Таблица 2

Время экстракции, час	Содержание хлорофилла в экстракте			Содержание смолистых веществ в экстракте	
	мг	% от Σ*	% от содержания в хвое	мг	% от Σ*
0,5	4,1	65,8	18,2	874,0	80,5
1,0	0,7	11,3	3,1		
2,0	0,615	9,9	2,73	82,5	7,5
3,0	0,353	5,7	1,57	66,0	6,1
4,0	0,240	3,9	1,07	36,0	3,2
5,0	0,212	3,4	0,94	28,8	2,7

\* Σ — суммарное извлечение хлорофилла и смолистых за 5 час экстракции.

Данные, полученные в лабораторных условиях, были подтверждены производственными опытами на хвое сосны, ели и их смеси. Отступление от описанной схемы заключалось в том, что экстракцию проводили не свежими порциями бензина через каждый час, а одной и той же порцией в течение 5 час; причем пробы отбирали через каждый час (первая проба взята через полчаса после начала экстракции). Содержание хлорофилла определяли на колориметре М.

Результаты опытов даны в табл. 3, 4 и 5.

Таблица 3

Время экстракции, час	Выход хлорофилла (% к максимуму извлечения) из сырья		
	ель 100%	сосна 100%	ель 50%, сосна 50%
0,5	61,7	70,5	55,1
1,0	74,8	80,2	59,1
2,0	82,0	87,3	82,0
3,0	100,0	89,3	90,6
4,0	91,7	100,0	100,0
5,0	89,1	95,0	91,8

Таблица 4

Время экстракции, час	Выход смолистых веществ (% к максимуму извлечения) из сырья		
	ель 100%	сосна 100%	ель 50%, сосна 50%
0,5	60,3	69,6	54,7
1,0	64,3	80,6	66,2
2,0	78,7	86,1	74,1
3,0	86,0	87,4	88,6
4,0	94,3	96,3	93,2
5,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 5

Время экстракции, час	Содержание хлорофилла (% от содержания смолистых) в экстракте сырья		
	ель 100%	сосна 100%	ель 50%, сосна 50%
0,5	1,45	0,81	1,00
1,0	1,65	0,80	0,91
2,0	1,48	0,80	0,94
3,0	1,65	0,82	0,70
4,0	1,39	0,83	1,10
5,0	1,26	0,76	0,94

Извлечение хлорофилла за 5 час не превышает 30% от содержания в хвое, причем основное количество хлорофилла извлекается в первые два часа (86% по лабораторным опытам, 82—89,3% по производственным).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Д. Нестерович, Г. И. Маргайлик. Сборник ботанических работ. Вып. 3, Минск, 1961. [2]. Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина. Труды института леса и древесины СО АН СССР, т. 50, стр. 90—98, 1961. [3]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат, А. С. Корнев, Н. П. Голуб. Авторское свидетельство 105597 — 1956. [4]. В. Э. Белл. Труды института лесохозяйственных проблем Латвийской АН, т. XVI, 195—199, 1958.

Поступила в редакцию  
5 октября 1964 г.



УДК 661.728.5

## К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ НЕКОТОРЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩЕЛЕВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТОВ

**А. И. ЕГОРОВ**

Старший преподаватель

**В. В. ЮНИЦЫН**

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В настоящее время большое внимание уделяется теоретическим исследованиям процесса сушки бумаги и изысканию путей интенсификации этого процесса. В. В. Красников [4] сделал обзор основных работ в этой области, а также изложил основные выводы по исследованию кинетики контактной и комбинированной сушки капиллярно-пористых материалов. Использование колпаков-ускорителей он рассматривает как значительный резерв по увеличению производительности бумагоделательных машин.

Описание, основы расчета и использования отдельных видов колпаков-ускорителей приведены в ряде работ [1], [8], [9], вышедших в последнее время. Используемые колпаки-ускорители снабжены сопловыми направляющими аппаратами, весьма сложными в изготовлении. В ряде случаев в качестве направляющих аппаратов для горячего воздуха могут быть использованы специальные «сита» со щелеобразными отверстиями, пробитыми в тонких стальных листах\*.

Для экспериментального определения некоторых гидродинамических характеристик одиночной струи, истекающей через щель, образованную в тонкой пластине, мы построили специальную установку в теплотехнической лаборатории АЛТИ (рис. 1). В этой установке специальным высоконапорным вентилятором воздух подавался через трубопровод к газовому счетчику, а от счетчика — в успокоительный коллектор. Газовый счетчик предназначен исключительно для оценки работы системы измерений и был использован при наладке установки. Успокоительный коллектор заканчивается узкой раздвижной щелью, изготовленной из латунного листа толщиной 0,5 мм. Динамический напор струи воздуха измеряли трубкой Пито, сообщенной резиновым шлангом с U-образным дифференциальным манометром, позволяющим производить отсчет с точностью 1 мм водяного столба. С целью уменьшения возмущающего действия трубки на поток мы изготовили и протариро-

\* Эскизный проект колпака-ускорителя такого типа для бумагоделательной машины типа «Янки» был выполнен под руководством доц. Г. П. Кузнецова в 1963—1964 гг.

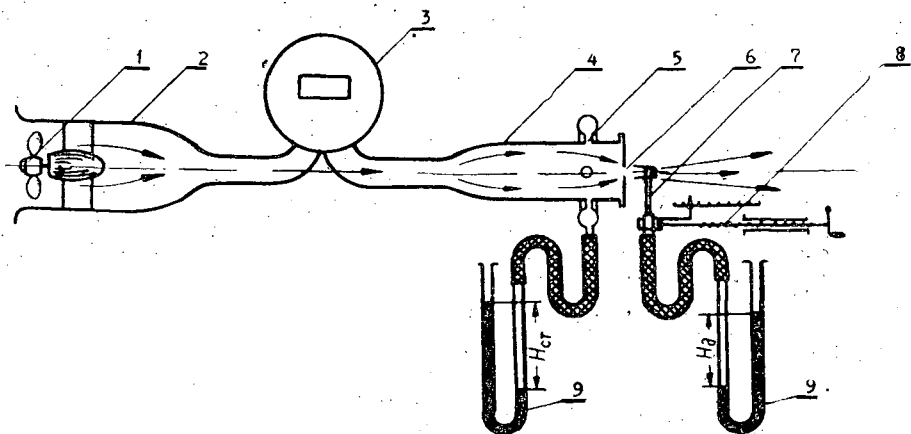


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — воздушный насос; 2 — приемное устройство; 3 — газовый счетчик; 4 — успокоительный коллектор; 5 — кольцевой канал для замера статического напора; 6 — щель; 7 — трубка Пито с конфузурным наконечником; 8 — механизм для перемещения трубки Пито; 9 — дифференциальные манометры.

вали специальную трубку Пито с наружным диаметром 1 мм. Использование конфузурного наконечника у трубки Пито существенно облегчило постановку эксперимента, ибо такая трубка не реагирует на отклонение направления потока в пределах до 20—30°.

Для определения изменения скорости вдоль оси ядра потока после прикидочных опытов было решено производить замеры динамического напора на расстоянии 0,5; 10; 15; 20; 30; 50 и 70 мм от щели. Исследовали щели шириной 1; 1,5; 2; 3; 4; 6 и 8 мм. Перемещение измерительной трубки вдоль оси потока производили специальным винтовым приспособлением, обеспечивающим одновременно достаточно точное совпадение осей потока и конфузурной трубки. Ширина щелей и точки замера были выбраны на основании ранее проведенных исследований [5], [6], [9]. Избыточное (статическое) давление перед щелью в коллекторе измеряли обычным U-образным дифференциальным манометром в пределах от 20 до 250 мм (с точностью 1 мм водяного столба).

Для вычисления других необходимых величин измеряли барометрическое давление, температуру и влажность воздуха.

Среднюю теоретическую скорость истечения воздуха из узких щелей определяли на электронном вычислителе ЭВ80-3М по уравнению С.-Венана—Венцеля

$$W_t = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} RT_0 \left[ 1 - \left( \frac{B}{B + \frac{H_{ст}}{13,6}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \quad (1)$$

где  $k$  — показатель изоэнтропы;

$R$  — газовая постоянная воздуха;

$T_0 K$  — абсолютная температура воздуха в коллекторе;

$B$  — барометрическое давление, мм рт. ст.;

$H_{ст}$  — статический напор в коллекторе, мм вод. ст.

Струю, вытекающую из щели, рассматривали как свободную и затопленную, а скорость ее при обработке опытных данных вычисляли по формуле

$$W = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \cdot h_D \cdot (\gamma_0 - \gamma')} \text{ м/сек}, \quad (2)$$

где  $h_D$  — динамический напор, мм вод. ст.;

$\gamma_1$  — удельный вес воздуха  $\frac{\kappa\Gamma}{\text{м}^3}$  (во время нашего эксперимента колебалось от 1,22 до 1,24);

$\gamma_n$  — удельный вес дистиллированной воды в дифманометрах,  $\gamma_1 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$  ( $\gamma_n$  принято равным 1,00);

$\gamma'$  — удельный вес воздуха над уровнем жидкости в дифманометрах,  $\frac{\Gamma}{\text{см}^3}$ .

Изучению теории свободных затопленных струй, то есть не ограниченных стенками и вытекающих из сопла в неподвижную газовую среду с такими же (или близкими) физическими свойствами, посвящено много работ [3], [5]. Эти струи могут быть как турбулентными, так и ламинарными. Из схемы развития свободной затопленной турбулентной струи (по Г. Н. Абрамовичу) следует, что струя имеет начальный участок, в котором ядро потока движется с некоторой одинаковой макси-

Таблица 1

Серии опытов**	Номера опытов	Ширина щели, мм	Статический напор $H_{ст}$ (мм вод. ст.)	Средняя теоретическая скорость истечения* $W_t$ , м/сек.	Максимальная скорость истечения (скорость в начальном участке) $W_t$ , м/сек.	$\frac{W_0}{W_t}$
III	19	2	20,0	17,45	17,5	1,00286
	20		50,0	27,56	27,6	1,00145
	21		80,0	34,83	35,0	1,00488
	22		120,0	42,61	42,8	1,00446
	23		184,0	52,67	53,0	1,00626
	24		222,0	57,79	58,2	1,00709
IV	25	3	20,0	17,61**	17,7	1,00511
	26		50,0	27,82	28,0	1,00647
	27		80,0	35,15	35,4	1,00711
	28		120,0	43,0	43,4	1,00930
	29		180,0	52,57	53,2	1,01198
	30		220,0	58,05	58,8	1,01292
V	31	4	20,0	17,61	17,6	0,99943
	32		50,0	27,82	27,8	0,99928
	33		80,0	35,15	35,2	1,00142
	34		120,0	43,0	43,2	1,00465
	35		180,0	52,57	52,8	1,00438
	36		220,0	58,05	58,5	1,00775
VI	37	6	20,0	17,86	17,8	0,99664
	38		50,0	28,21	28,2	0,99965
	39		80,0	35,65	35,7	1,00140
	40		120,0	43,61	43,8	1,00436
	41		180,0	53,31	53,6	1,00544
	42		220,0	58,86	59,2	1,00578
VII	43	8	48,0	27,12	27,1	0,99926
	44		80,0	34,98	35,0	1,00057
	45		120,0	42,79	42,9	1,00257
	46		180,0	52,31	52,5	1,00363
	47		220,0	57,77	59,2	1,02475

\* Вычислено на электронном вычислителе ЭВ80-3М. \*\* IV и V серии опытов были проведены в один день, III, VI и VII — в разное время при разной температуре воздуха.

Примечание. Длина щели во всех опытах 20 мм.

мальной скоростью  $W_0$ , соизмеримой со средней теоретической скоростью истечения газа из отверстия, вычисляемой через начальные и конечные параметры.

Некоторые данные по замерам, обработке опытов и проведенным расчетам приведены в табл. 1, 2, 3, 4.

Из табл. 1 видно, что с повышением статического напора перед щелью отношение  $\frac{W_0}{W_t} \approx 1$  несколько увеличивается в соответствии с обычным представлением о структуре струй и величине потерь в потоке.

Интенсификация сушки при обдувке бумаги нагретым воздухом на горячем цилиндре объясняется, главным образом, [1] дополнительным подводом тепла к второй стороне полотна бумаги и создаваемой у нее турбулентностью потока; кроме того, при высокой температуре стенок цилиндра в толще полотна бумаги происходит интенсивное парообразование и практически полная релаксация градиента давления вследствие резкого уменьшения гидродинамического сопротивления переносу пара [4]. Увеличение скорости подачи горячего воздуха на бумажное полотно приводит к заметному возрастанию скорости и улучшению равномерности сушки [1].

Стремление обеспечить значительную скорость поступления воздуха на полотно бумаги при минимальных расходах энергии на приведение в движение вентиляторов требует знания закона развития свободных затопленных струй. Длина начального участка струй в конечном счете определяет собой необходимое расстояние от раздающего сита колпака-ускорителя до полотна бумаги.

Ряд исследователей уделяли внимание вопросам определения зависимости длины начального участка струи от различных факторов. Д. Шиллер [7] исследовал эту зависимость для некоторых условий ламинарного потока, Е. Е. Солодкин и А. С. Гиневский [8] — для случая турбулентного течения жидкости (при некоторых конкретных условиях).

На основании некоторых допущений для плоского потока зависимость, предложенную Е. Е. Солодкиным и А. С. Гиневским, можно представить в виде следующего уравнения:

$$L_{\text{нач}} = (3,28 \lg \text{Re} - 4,95) \cdot D_r, \quad (3)$$

где  $D_r$  — величина гидравлического диаметра сечения струи.

Из этого уравнения следует, что длина начального участка определяется, в основном, величиной гидравлического диаметра сечения струи. Это соображение было экспериментально подтверждено нами при исследовании истечения упругой жидкости через узкие щели, пробитые в тонких листах.

На рис. 2 представлена зависимость длины начального участка свободной затопленной струи  $L_{\text{нач}}$  от ширины щели  $\delta$ , полученная путем обработки наших опытных данных (линия 1), пересчетом по формуле (3) и совместной обработкой диаграмм, рекомендованных И. Е. Идельчиком [2] (линия 2). Из этого рисунка следует, что при расчете раздающих сит колпаков-ускорителей длина начального участка струй, вытекающих из узких щелей, всецело определяется шириной щели и находится в следующей зависимости от нее

$$L_{\text{нач}} = 4,45\delta. \quad (4)$$

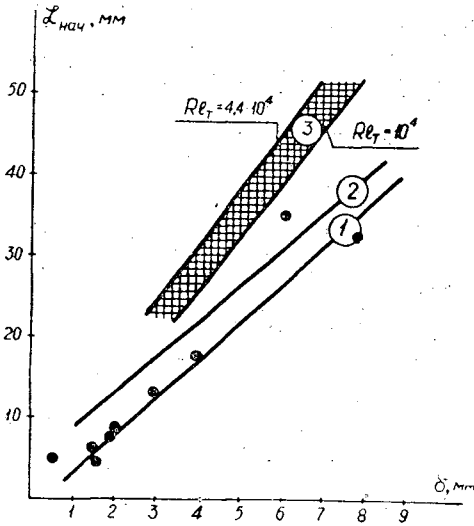


Рис. 2.

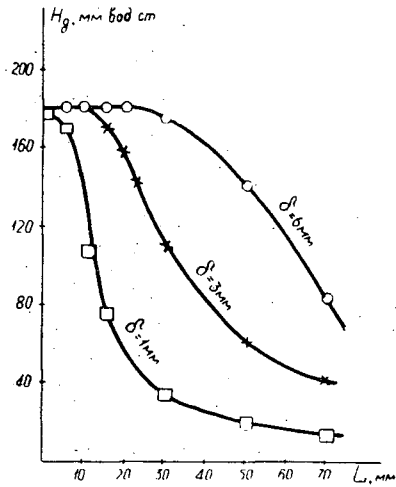


Рис. 3.

На рис. 3 показано развитие свободных затопленных струй, вытекающих через щели различной ширины при одинаковом статическом напоре.

Таблица 2

Расстояние от щели $L$ , мм	Динамический напор в ядре потока $H_d$ (мм вод. ст.) при значениях $H_{ст}$ , мм вод. ст.					
	20	50	84	120	180	220
0	20	47	82	116	178	220
5	20	47	78	116	174	220
10	20	34	47	78	112	152
15	16	23	32	52	80	106
20	12	19	26	40	60	78
30	6	12	19	25	36	47
50	4	6	10	12	20	24
70	2	3	6	9	14	36

Примечание. Ширина щели  $\sigma = 1$  мм,  $B = 780$  мм рт. ст.,  $t = 15^\circ\text{C}$ ,  $\psi = 0,8$ .

Таблица 3

Расстояние $L$ , мм	Динамический напор в ядре потока $H_d$ (мм вод. ст.) при значениях $H_{ст}$ , мм вод. ст.					
	20	50	80	120	180	200
0	20	50	80	120	180	220
5	20	50	80	120	180	220
10	20	48	80	120	180	220
15	20	46	76	114	172	210
20	19	41	68	100	154	180
30	15	33	52	70	110	122
50	11	22	34	48	74	86
70	8,0	15	26	33	50	62

Примечание.  $\sigma = 3$  мм,  $B = 772$  мм рт. ст.,  $t = 10^\circ\text{C}$ ,  $\psi = 0,8$ .

Таблица 4

L, мм	Динамический напор в ядре потока $H_d$ (мм вод. ст.) при значениях $H_{ст}$ , мм вод. ст.					
	20	50	80	120	180	220
0	20	50	80	120	180	220
5	20	50	80	120	180	220
10	20	50	80	120	180	220
15	20	50	80	120	180	220
20	20	50	80	120	180	220
30	20	48	80	120	180	216
50	18	36	68	98	148	178
70	12	20	40	62	94	110

Примечание.  $\delta = 6$  мм,  $B = 764$  мм рт. ст.,  $t = 15^\circ \text{C}$ ,  $\varphi = 0,82$ .

Из рис. 3 и табл. 2, 3, 4 видно, что статический напор, а следовательно, и числа  $Re$  в исследованном диапазоне щелей практически не влияют на длину начального участка струй.

Полученные нами результаты по исследованию струй, вытекающих из узких щелей, вполне согласуются с опытами американских ученых [9].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Л. В. Злотницкий и М. Д. Лотвинов (ЦНИИБумМаш), Б. Н. Юрманов (ЛИСИ). Колпаки с вентиляционным оборудованием для конвекционной сушки. М., 1963. [2] И. Е. Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Госэнергоиздат, 1960. [3] Г. Ф. Кнорре. Топочные процессы. Госэнергоиздат, М.—Л., 1959. [4] В. В. Красников. Контактная комбинированная сушка тонких капиллярно-пористых материалов. Изд. Министерства высшего образования СССР, М., 1958. [5] С. Г. Попов. Некоторые задачи и методы экспериментальной аэромеханики. Госиздат технико-теоретической литературы, М., 1952. [6] Е. Е. Солодкин, А. С. Гиневский. Турбулентное течение вязкой жидкости в начальных участках осесимметричных и плоских каналов. Труды ЦАГИ, вып. 701, Оборонгиз, 1957. [7] Д. Шиллер. Движение жидкости в трубах. Техиздат, 1936. [8] И. Я. Эйдлин. Бумагоделательные и отделочные машины. Гослесбумиздат, 1962. [9] G. C. Huang. Фирма U. S. Rubber Co. Исследование коэффициентов теплоотдачи для потока воздуха в круглых струях ударяющих нормально в теплообменную поверхность. Журн. «Теплопередача» № 3, 1963. Труды американского общества инженеров-механиков. Русский перевод.

Поступила в редакцию  
10 декабря 1964 г.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 681.14 — 523.8 (634.0.524.4)

ПРИМЕНЕНИЕ СЧЕТНЫХ МАШИН ПРИ ИЗУЧЕНИИ  
СМЕШАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ\*

О. А. НЕВОЛИН

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Изучая смешанные сосняки Архангельской области, мы заносили их таксационные характеристики в особую ведомость и зашифровывали (во избежание ошибок шифровку дублировали) по цифровому коду, который в сокращенном виде приведен в табл. 1. Система шифров легко запоминается и позволяет быстро зашифровывать и расшифровывать смешение, состав, тип леса, особенности насаждений и другие показатели. Процесс обработки зашифрованных материалов на счетно-аналитических машинах комплекта Т-5М состоял из следующих операций: перфорация, контроль перфорации, сортировка и табуляция. В работе использовали 45-колонные перфокарты (рис. 1). Пользуясь макетом и таблицей шифров, читаем перфокарту: бассейн р. Северной Двины, Березниковское лесничество, леса третьей группы, квартал 71, таксационный участок 23, площадь 8 га, класс возраста III, бонитет III, полнота 0,9, запас на участке 1280 м<sup>3</sup>, в том числе: сосны — 890 м<sup>3</sup>, березы — 390 м<sup>3</sup>, состав 7СЗБ, тип леса черничник, подрост еловый средней густоты, удовлетворительного роста, насаждение возникло по гарю, группа возраста третья.

Перфорацию осуществляли на двухпериодном перфораторе ПД 45-5 по макету схемы, приведенной в табл. 2.

На таксационный участок перфорировали одну перфокарту. Общее количество рабочих перфокарт в массиве соответствует числу таксационных участков, подлежащих обработке.

Перфорацию контролировали двумя методами — машинным на машине-контрольнике К45-2 и счетным — путем сверки контрольных итогов (по кварталам и лесничествам) в ведомости с итоговыми данными контрольных табуляграмм, составленных «на печать». Двойной контроль полностью исключал случайные ошибки в пробивке рабочих перфокарт.

Контрольные итоги подсчитывали на суммирующих машинах как по отдельным признакам: номер участка, площадь в гектарах, общий запас на участке, запас по породам, смешение, — так и по группам признаков (класс возраста, бонитет, полнота), тип леса, характеристика подроста, особенности насаждений, группы возраста. Со счетчика маши-

\* Работа выполнена под руководством доцента, кандидата сельскохозяйственных наук В. И. Левина.

Таблица 1

Смешение древесных пород в насаждении	Шифр	Состав насаждений	Шифр	Смешение древесных пород в насаждении	Шифр	Состав насаждений	Шифр
Сосново-березовые	100	8С2Б 7С3Б 6С4Б	102 103 104	Сосново-еловые	200	8С2Е 7С3Е 6С4Е	202 203 204
Сосново-елово-березовые	300	8С1Е1Б 7С2Е1Б 5С3Е2Б	311 321 332	Сосново-березово-еловые	400	7С1Е2Б 6С1Е3Б 5С2Е3Б	412 413 423
Сосново-елово-осиновые	500	8С1Е1Ос 6С3Е1Ос 5С3Е2Ос	511 531 532	Сосново-осиново-еловые	600	7С1Е2Ос 6С1Е3Ос 5С2Е3Ос	612 613 623
Типы леса		Шифр	Особенности насаждений				Шифр
Кисличник Черничник		1 2	Изрежено рубкой Смешение пород неравномерное, пройдено рубкой				1 2
Бонитет	Шифр	Бассейны рек (районы)		Шифр	Лесничества		Шифр
Va Vб	6 7	Северной Двины Пинеги		1 2	Березниковское Тулгасское		1 2
Подрост							Шифр

Еловый густой, средней густоты хорошего и удовлетворительного роста	1
Еловый редкий плохого роста, неблагонадежный	2

ны эти итоги записывали в соответствующие графы ведомости; при этом отпадала надобность в записи чисел печатающим механизмом машины на бумажных ленточках (как это обычно делается при счетном контроле) и тем самым упрощалась работа по сличению итогов с контрольной табуляграммой. Обнаруженные ошибки устраняли, а неправильно пробитые перфокарты заменяли новыми.

Формирование массива перфокарт для табуляции (сортировку) производили на машине-сортировке С45-5. Для получения необходимых сводных данных по характеристике смешанных насаждений составлены три основные коммутационные схемы (№№ 1, 5, 11 в табл. 3). Пользуясь этими схемами коммутации, изменив лишь порядок сортировки перфокарт и автоконтроль (табл. 3), мы получили 14 табуляграмм, по которым: 1) для смешанных сосняков составлены таблицы распределения площадей и общих запасов — а) по типам леса, бонитетам и классам возраста, б) по типам леса, бонитетам и составу насаждений по классам возраста, в) по полнотам и бонитетам, г) по типам леса и качественному состоянию подроста, д) по группам возраста с учетом их особенностей; 2) вычислены средние составы смешанных насаждений, что дало возможность проследить изменение их с возрастом в связи с лесорастительными условиями; 3) установлена встречаемость и распространение смешанных сосняков при разном смешении древесных пород в насаждениях.



Таблица 3

№ схемы комму- тации	№ выпускае- мой табуля- граммы*	Сортировка по колонкам	Автоконтроль			Размещение признаков в печатающих секциях	
			ЧГ	ПГ	ОГ	секция № 7	секция № 1
			№ колонок				
1	1	14-13, 15, 41-40, 3-2	13-14	15	40-41	2-3+40-41+15+13-14	
2	2	14-13, 41-40, 37, 3-2	13-14	40-41	37	2-3+37+40-41+13-14	
3	3	14-13, 15, 37, 3-2	13-14	15	37	2-3+37+15+13-14	
4	4	14-13, 37, 3-2	13-14	37	2-3	2-3+37+13-14	
5	5	14-13, 39-38, 41-40, 37, 3-2	13-14	38-39	40-41	2-3+37+40-41	38-39+13-14
6	6	14-13, 39-38, 15, 37, 3-2	13-14	38-39	15	2-3+37+15	38-39+13-14
7	7	14-13, 39-38, 37, 37, 3-2	13-14	38-39	37	2-3+37	38-39+13-14
8	8	43-42, 41-40, 37, 3-2	42-43	40-41	37	2-3+37	40-41+42-43
9	9	44, 45, 37, 3-2	44	45	37	2-3+37	45+44
10	10	15, 16, 37, 3-2	15	16	37	2-3+37	16+15
11	11	14-13, 15, 41-40, 37, 3-2	13-14	15	40-41	2-3+37+40-41+15+13-14	
12	12	14-13, 41-40, 37, 3-2	13-14	40-41	37	2-3+37+40-41+13-14	
13	13	14-13, 15, 37, 3-2	13-14	15	37	2-3+37+15+13-14	
14	14	14-13, 37, 3-2	13-14	37		2-3+37+13-14	

\* Табуляция «на итог».

Таблица 2

Номера кодонок перфокарты	Количество колонок	Перфорируемые показатели
1	1	Район расположения лесничества
2—3	2	Лесничество
4	1	Группа леса
5—7	3	Номер квартала
8—9	2	Номер таксационного участка
10—12	3	Площадь таксационного участка
13—14	2	Класс возраста
15	1	Бонитет
16	1	Полнота
17—20	4	Общий запас на участке, десятков м <sup>3</sup>
21—24	4	Запас сосны на участке, десятков м <sup>3</sup>
25—28	4	Запас ели на участке, десятков м <sup>3</sup>
29—32	4	Запас березы на участке, десятков м <sup>3</sup>
33—36	4	Запас осины на участке, десятков м <sup>3</sup>
37—39	3	Смешение пород в насаждении и состав
40—41	2	Тип леса
42—43	2	Характер подроста
44	1	Особенности насаждения
45	1	Группа возраста

Экономическую сторону вопроса освещают следующие цифры. Для выполнения работ «вручную» (4,3 тыс. таксационных участка, площадь 89,0 тыс. га) по расчетным данным потребовалось бы 153 нормо-дня; применение же счетных машин позволило выполнить их за 42,1 нормо-дня. Затраты денежных средств в переводе на один таксационный участок в первом случае составили 17,54 коп., во втором — 4,96 коп. (в том числе 1,87 коп. — затраты на машинный счет). Таким образом, при применении счетных машин затраты труда снизились в 3,6 раза, а затраты средств — в 3,5 раза.

Поступила в редакцию  
15 сентября 1964 г.

УДК 634.0.526

## О ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

*А. Н. ЯБЛОКОВ*

Заведующий лабораторией средств автоматизации

(ЦНИИМОД)

В настоящее время насчитывается несколько десятков различных типов и модификаций приборов автоматического измерения и учета круглых лесоматериалов [5], [6]; многие из них находятся в стадии опытной эксплуатации и промышленного освоения. Анализ таких приборов показывает, что все они в той или иной мере не отвечают требованиям существующей системы измерений и учета круглых лесоматериалов.

По методам определения объемов можно различать несколько типов приборов (табл. I, II) [1], [2], [3], [4].

Из анализа таблиц видно, что исходные измеряемые параметры серии Г совсем не пригодны для показателей учета количества и погонажа и не могут быть получены без дополнительных контрольно-измерительных средств. Контрольно-измерительные устройства автокубатурников серии И, хотя и более приспособлены для получения необходимых показателей учета сортиментов по качеству и длинам, но их основное назначение — также формулирование показателя объема. Обычно у этих типов приборов показателями учета являются суммарное количество, погонаж и объем сортиментов нарастающими итогами. Имеющиеся попытки создания автокубатурников интегрирующих типов с дифференциацией учета по признакам приводят к увеличению количества оборудования, пропорциональному количеству учитываемых признаков, и не дают положительных результатов. Приборы серии Г и И считается целесообразным применить там, где по условиям производства обмеру и учету подлежат лесоматериалы в виде древесной массы.

Если же эти приборы используют для автоматизации учета в других производственных условиях, там их дополняют контрольно-измерительными и счетными устройствами, учитывающими количество и погонаж. Даже в этом случае указанные показатели учета являются сопоставимыми у приборов всех типов, а проверка точности их учета не вызывает особых затруднений. При непрерывном (в приборах типа ИТ и ИП) и дискретном (с принятой по ГОСТу градацией) способах измерения сортиментов ошибки в определении длины (приборами различных типов) обусловлены, в основном, припусками по длине на оторцовку (1% к длине бревна), имеют преимущественно систематический характер, могут быть выявлены и компенсированы в счетных устройствах приборов.

Методы измерения показателей толщин и длин в приборах серий К и Т в основном совпадают с применяемыми ручными способами обме-

Таблица 1

№ п/п.	Методы определения объемов	Математическое выражение метода	Тип прибора	Условное обозначение
1.	Гидростатический	$V_{ГС} = \frac{P_{в} - P_{ж}}{\gamma_{ж}},$ <p>где <math>P_{в}</math> — вес сортамента в воздухе;  <math>P_{ж}</math> — вес сортамента в жидкости (выталкивающая сила);  <math>\gamma_{ж}</math> — удельный вес жидкости</p>	Гидростатические (ГС) поштучные, пучковые	ГШ ГП
2.	Интегральные: а) по формуле точного интегрирования  б) по секционной формуле средних сечений и длин секций.	$V_{ит} = \frac{\pi}{4} \int_0^L d^2 dL,$ <p>где <math>d_l</math> — текущий диаметр;  <math>L</math> — длина бревна.</p> $V_{ип} = (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) \Delta l,$ <p>где <math>\Delta l</math> — шаг интегрирования (длина секции).</p> $\gamma_i = \frac{\pi}{4} d_{срi}^2,$ <p>где <math>i = 1, 2, \dots, n</math>;  <math>d_{срi}</math> — „поперечник“ на середине длины секции</p>	Интегрирующий „точный“   Интегрирующий „приближенный“	ИТ   ИП
3.	По простой формуле среднего сечения и длины	$V_{к} = \frac{\pi}{4} d_{ср}^2 L,$ <p>где <math>d_{ср}</math> — „поперечник“ на середине длины сортамента</p>	Квадратурник	К
4.	Среднестатистический (Крюленера-Турского), ГОСТ 2708-44	$V_{тп} = f_T(d_{в}; L),$ <p>где <math>f_T</math> — табличное значение объема;  <math>d_{в}</math> — истинное значение „поперечников“ в верхнем отрезе</p>	С табличной памятью	ТП
5.	Интерполяционный табличный	$V_{ти} \approx f_{ти}(d_{в}; L_{пр})$ $\approx \varphi_{ти}(d_{пр}; L),$ <p>где <math>d_{пр}</math>; <math>L_{пр}</math> — приведенные „поперечники“ и длины сортиментов;  <math>L</math> — истинные значения длин сортиментов.</p>	Табличные интерпретирующие	ТИ

Таблица 2

Серия прибора	Тип прибора	Область применения	Назначение	Основные показатели учета	Ориентировочная пропускная способность в смену, м <sup>3</sup>
Г	ГП	Массовый бессортный учет на рейдах	Учет и управление производственными процессами по переработке древесной массы	Объем пучков	6000 + 4000
	ГШ	Массовый посортный и сортиментный учет на рейдах		Объемы по признакам (порода, сорт определяется визуально)	800 + 700
И	ИТ	Продольные цепные транспортеры на складах лесопромышленных предприятий для бессортиментного учета	"	Объемы с нарастающим итогом, погонаж с нарастающим итогом по одному из признаков	400 + 300
	ИП				
К	КД	Универсальные продольные (КД) и поперечные сортировочные (КП) устройства с размерным управлением, системы учета и размерного управления тележками в лесоцехах	Учет и управление производственными процессами при поштучной переработке древесины	Объемы, погонаж, штуки по качественно-размерным признакам. Сохраняется документация первично-оперативного учета	Приборы первичного учета 400 + 800 Электронные цифровые машины до 150000
	КП				
Т	ТИ	Продольные сортировочные устройства с ориентированной подачей, системы учета и управления тележками в лесоцехах	"	"	"
	ТП				

ра, поэтому точность учета количеств и погонажа бревен достигается весьма высокой. Прямое сопоставление данных определения объемов приборами различных типов на единичных замерах не дает удовлетворительных результатов.

В табл. 3 приведены среднеквадратические ошибки «фактических»  $\sigma_{\Phi}$  и «истинных»  $\sigma_{И}$  объемов лесных сортиментов, определяемых различными методами. Фактические дисперсии методов  $\sigma_{\Phi}^2$  вычислены относительно секционного метода срединных сечений, истинные — относительно гидростатического метода. Дисперсии случайных ошибок вычислены в предположении отсутствия между ошибками определения объемов сопоставляемых методов корреляционной связи.

Таблица 3

№ п/п.	Метод	Формула	$\sigma_{И} \pm \%$	$\sigma_{\Phi} \pm \%$
1	Гидростатического взвешивания	$V = \frac{P_{в} - P_{ж}}{L} \cdot \gamma_{ж}$	0	2,5
2	Интегральные:			
	а) по формуле точного интегрирования	$V = \frac{\pi}{4} \int_0^L d^2 \cdot dL$	1	2,69
	б) по секционной формуле срединных сечений и длин секций	$V = (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) \cdot L$	2,5	0
3	По простой формуле срединного сечения и длины	$V = \frac{\pi}{4} d_{ср}^2 \cdot L$	5,3	4,45
4	Среднестатистический (Крюденера—Турского)	$V_T = f_T \cdot d_{в} \cdot L$	9 ÷ 11,2	9,08 ÷ 10,95
5	Интерполяционный табличный		23,1	13 ÷ 23

Естественно предположить, что ошибкам определения объемов по одному из методов будут соответствовать однозначные ошибки другого метода, а корреляционная связь между ними будет содействовать уменьшению дисперсии. В лесной таксации корреляционные связи между ошибками определения объемов различными методами не изучены и могут быть установлены в процессе систематического сопоставления результатов учета приборами различных типов.

Оценка точности методов по завышенным дисперсиям приводит, как видно из нижеследующего, к увеличению трудоемкости сопоставления, так как предполагает завышенное число наблюдений для получения заданной средней ошибки.

На стадии внедрения единой системы сопоставления результатов учета приборами различных типов это завышение трудоемкости оправдано и может быть допустимым. Кроме того, сокращение трудоемкости сопоставления может быть достигнуто соответствующим выбором контрольного метода; трудоемкость в этом смысле может быть оценена количеством замеров исходных параметров в выборочной совокупности, необходимых для достижения заданной средней ошибки, и выражается формулой

$$T = N \cdot n \quad (1)$$

где  $n$  — количество замеров на одном сортименте;

$N$  — количество сортиментов в выборке.

При таком подходе оценки трудоемкости наиболее экономичны ксилметрический и гидростатический методы, но здесь необходимо

учитывать, что эти методы предполагают наличие водных бассейнов в месте испытаний, что, конечно, не всегда возможно. Поэтому эти методы не могут быть признаны контрольными.

Для всех других методов количество сортиментов в выборке для равных средних ошибок определения истинных объемов может быть определено из соотношений

$$m^2 = \frac{\sigma_{\Phi}^2}{N_{\Phi}} = \frac{\sigma_{\text{К}}^2}{N_{\text{К}}} = \frac{\sigma_{\text{Т}}^2}{N_{\text{Т}}}, \quad (2)$$

где  $m$  — средняя ошибка определения «истинных» объемов соответственно по методу секционной формулы срединных сечений и длин секций, по простой формуле срединных сечений, по таблицам ГОСТа;  $\sigma_{\Phi}$ ,  $\sigma_{\text{К}}$ ,  $\sigma_{\text{Т}}$  — среднеквадратические ошибки определения «истинных» объемов перечисленными выше методами;  $N_{\Phi}$ ,  $N_{\text{К}}$ ,  $N_{\text{Т}}$  — размеры выборочных совокупностей бревен, требуемых для достижения средней ошибки соответствующим методом.

Дисперсии в определении «истинных» объемов различными  $\Phi$ ,  $\text{К}$  и  $\text{Т}$  контрольными методами в уравнении (2) могут быть получены из табл. 3, а средняя ошибка определения среднеарифметических относительных объемов может быть установлена с достаточной точностью  $\pm 1\%$ .

Аналогичные данные могут быть получены для секционного метода срединных сечений, объемы по которому принимали за «фактические» при создании статистических методов учета. Подсчитанные таким образом размеры выборок сведены в табл. 4.

Таблица 4

Методы	Индекс, $i$	$N_{\text{И}}$ , шт.	$N_{\text{Ф}}$ , шт.
1	Г	—	6,25
2, а	И	1	7,25
2, б	Ф	6,25	—
3	К	26,05	19,8
4	Т	125,44	121
5	Т	≈530	530

Из табл. 4 видно, что хотя размеры выборок для метода точного интегрирования малы, но учитывая, что этот метод предполагает бесконечно большое количество замеров текущих толщин сортиментов (что ручными методами невыполнимо), его трудоемкость считается бесконечно большой, поэтому он также не может быть признан контрольным.

Дисперсия метода приближенного интегрирования установлена в лесной таксации в условиях, когда шаг интегрирования равен около 0,5 м, следовательно, на сортименте со средней длиной 5,5 м требуется выполнить 10 замеров «поперечников» секций на середине длины секции, 10 замеров длин секций и столько же — по отысканию средин длин секций. Тогда трудоемкость этого метода определяется в среднем в 190 замеров.

Для получения исходных данных по простому методу срединных сечений необходимы замеры длины сортимента, половины длины и толщины в срединном сечении. Трудоемкость этого метода равна  $\approx 85$  замерам ( $3 \times 28,09$ ).

Наименьшее число замеров на одном сортименте ( $d_v$  и  $L$ ) предполагается в среднестатистическом методе Крюденера—Турского, но трудоемкость определения истинных объемов (со средней ошибкой  $m = \pm 1\%$ ) этим методом составит около 250 замеров для категории комлевых и срединных сортиментов и около 1050 — для вершинных.

Таким образом, по трудоемкости простой метод срединных сечений в 2 раза лучше по сравнению с секционным и в 4—12 раз — по сравнению с методом Крюденера—Турского. Эти данные относятся к замерам лишь окоренной древесины и неокоренной при условии учета коры систематическими поправками, что является одним из основных метрологических требований автоматических измерителей толщин круглых лесоматериалов.

Сопоставление критериев трудоемкости показывает, что наиболее пригодным для контрольного метода является простой метод срединных сечений, поэтому в условиях полной автоматизации учета он может быть положен в основу нового ГОСТа по учету круглых лесоматериалов.

В связи с тем, что действующим методом учета является табличный Крюденера—Турского (составленный с применением секционного метода срединных сечений), для установления корреляционных связей между ошибками определения объемов лесных сортиментов возникает необходимость включения табличного и секционного методов в переходный период в качестве контрольных. С целью установления величин относительных математических ожиданий и доверительных границ варьирования дисперсий на первых этапах сравнительных испытаний приборов учета необходимо проводить сравнение показателей учета с каждым из перечисленных выше контрольных методов.

Излагаемая ниже система сопоставления (ЕСС) результатов учета предварительно согласована и одобрена ВНИИЛМом (г. Москва) и может быть положена в основу сравнительной оценки точности круглых лесоматериалов приборами различных типов. Качественное разнообразие различных методов учета сводится этой системой к количественному различию по трудоемкости методов достижения определенной, наперед заданной средней ошибки в исчислении объемов.

ЕСС основана на том, что ошибки приборов всех типов при учете круглых лесоматериалов в определении истинных объемов будут складываться из систематических и случайных ошибок (как от реализуемого метода учета, так и собственных ошибок прибора) в соответствии с уравнением

$$M = \pm M_{\text{ТР}} \pm M_{\text{ПР}} \pm \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ТР}}^2 + \sigma_{\text{ПР}}^2}{N}}, \quad (3)$$

где  $M$  — полная ошибка определения «истинных» объемов круглых лесоматериалов;

$M_{\text{ТР}}$  и  $M_{\text{ПР}}$  — систематические ошибки реализуемого метода таксации и прибора;

$\sigma_{\text{ТР}}^2$  и  $\sigma_{\text{ПР}}^2$  — дисперсии случайных ошибок реализуемого метода таксации и прибора;

$N$  — число вариантов в выборочной совокупности.

Если предположить, что реализуемым методом таксации является, например, метод «точного» интегрирования, предполагающий бесчисленное множество замеров по длине сортимента, то ясно, что проверить точность определения «истинных» объемов ручными, как пока наиболее точными способами, практически не представляется возможным.

Если случайные ошибки методов таксации подчиняются законам нормального распределения и корреляционные связи между ними отсут-



ствуют, то любой из реализуемых методов может быть заменен другим, более простым с точки зрения практической реализации; контрольным методом.

В этом случае новые случайные таксационные ошибки будут представлять собой композицию двух нормальных распределений, а общая ошибка может быть подсчитана по уравнению

$$-M = \pm M_{\text{тр}} \pm M_{\text{тк}} \pm M_{\text{пр}} \pm \sqrt{\frac{\sigma_{\text{тр}}^2 + \sigma_{\text{тк}}^2 + \sigma_{\text{пр}}^2}{N}}, \quad (4)$$

где  $M_{\text{тк}}$  и  $\sigma_{\text{тк}}^2$  — систематическая ошибка и дисперсия контрольного метода таксации.

В этом уравнении систематические ошибки  $M_{\text{тр}}$ ,  $M_{\text{тк}}$  и  $M_{\text{пр}}$  в результате наблюдений могут быть выявлены и скомпенсированы. Дисперсия прибора третьего класса точности  $\sigma_{\text{пр}}^2$  может быть принята равной 9% от полной шкалы прибора. Дисперсии контрольных методов в определении истинных объемов даны в табл. 5.

Таблица 5

Контрольные методы	Дисперсии	
	формулы	численные значения, %
2, б	$\sigma_{\text{тк}-1}^2$	6,25
3	$\sigma_{\text{тк}-2}^2$	27,9
4	$\sigma_{\text{тк}-3}^2$	121
5	$\sigma_{\text{тк}-4}^2$	530

Величины дисперсий реализуемых методов берут из графы 3 табл. 4.

В уравнении (4) корневая часть представляет собой среднюю ошибку определения среднеарифметического значения истинных объемов

$$m = \pm \frac{\sqrt{\sigma_{\text{тр}}^2 + \sigma_{\text{тк}}^2 + \sigma_{\text{пр}}^2}}{\sqrt{N}}, \quad (5)$$

которая может быть задана единой для всех типов приборов и равной  $\pm 1\%$ . Тогда размеры выборок

$$N \geq \sigma_{\text{тр}}^2 + \sigma_{\text{тк}}^2 + \sigma_{\text{пр}}^2. \quad (6)$$

Результаты подсчета размеров выборочных совокупностей по уравнению (6) для всех методов таксации, принятых за контрольные, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Реализуемый метод	$\sigma_{\text{тр}}^2$	Размеры опытных выборок в контрольном методе			
		срединных сечений		Крюденера—Турского	
		$\sigma_{\text{тк}-1}^2 = 6,25$	$\sigma_{\text{тк}-2}^2 = 27,9$	$\sigma_{\text{тк}-3}^2 = 121$	$\sigma_{\text{тк}-4}^2 = 530$
1	0	15,25	36,9	130	539
2, а	1	16,25	37,9	131	540
2, б	6,25	—	43,15	136,25	545,25
3	27,9	43,15	—	148,9	566,9
4	121	136,25	148,9	—	660
5	530	545,25	566,9	600	—

В целях обеспечения кратности выборочных совокупностей (для удобства практического пользования системы) размеры совокупностей округлены в сторону увеличения. Результаты округления сведены в табл. 7.

Таблица 7

Проверяемый метод	Размеры выборочных совокупностей (шт.) в контрольном методе			
	Губера		Крюденера—Турского	
	секционном	простом	комлевые и средние сортаменты	вершинные
1	25	50	150	550
2, а	25	50	150	550
2, б	—	50	150	600
3	50	—	150	600
4	150	150	—	150
5	550	600	750	—

Таким образом, из табл. 7 видно, что количество сортиментов, подлежащих обмеру в процессе испытаний приборов, должно быть равным 750. В этом случае лесная таксация без различия в категории сортиментов гарантирует точность результата, с учетом собственных ошибок приборов в пределах  $\pm 1\%$ . Без учета вершинных сортиментов размеры выборки могут быть равными 150.

Внедрение единой системы сопоставления результатов учета круглых лесоматериалов имеет огромное народнохозяйственное значение.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952, 1960.  
 [2]. Н. Н. Дементьев. Определение объемов бревен и стволов растущих деревьев. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1950. [3]. В. К. Захаров. Лесная таксация. Изд-во «Высшая школа», 1960. [4]. М. М. Орлов. Лесная таксация. 3-е изд., изд. журн. «Лесное хозяйство» и «Лесная промышленность», 1929. [5]. А. Н. Яблоков, Ю. М. Варакин. О классификации автоматических устройств для учета круглых лесоматериалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961. [6]. А. Н. Яблоков. О весовом и гидростатическом способах определения объемов бревен. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1963.

Поступила в редакцию  
13 января 1965 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 634.0.521.9

**О КОЛИЧЕСТВЕННОМ СООТНОШЕНИИ ПЛОЩАДЕЙ  
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СТВОЛА И ВЕТВЕЙ  
В НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЯХ**

**Н. Е. ЗАЕВ**

Начальник лаборатории гравитации

(Всесоюзный институт электромеханики)

В строении растений известны некоторые количественные характеристики. Мы измерили величину отношения  $k_S$  суммы площадей поперечных сечений всех  $n$  ветвей первого порядка и продолжения ствола к площади главного поперечного сечения  $S_0$  (ствола или ветви). Главным считается первое в направлении от корня сечение. Его находят по диаметру ствола (ветви)  $D_0$ , измеряемому на расстоянии  $l \approx D_0$  вниз от первого ответвления. Последующие сечения ответвлений определяют по диаметрам  $d_i$ , измеряемым на расстоянии  $l_i \approx 1,5d_i$  от места ответвления в направлении роста. При измерении  $d_i$  для нахождения  $k_S$  выбирали не обрезавшиеся стволы (ветви). Некоторые результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода	Возраст, лет	$D_0$ , см	$S_0$ , см <sup>2</sup>	$n$	$k_S$
Тополь серебристый	6	8,4	55,3	9	1,160
" "	8	18,3	262,0	3	1,285
" "	8	17,5	240,0	14	1,235
" "	8	3,2	8,0	14	1,270
Береза	7	4,3	14,5	14	1,100
" "	7	5,5	23,6	15	1,330
" "	7	5,0	19,6	16	1,430

Из таблицы видно, что отношение площади главного поперечного сечения к сумме всех площадей поперечных сечений первых ответвлений есть величина более или менее постоянная и больше единицы.

Далее из наших материалов вытекает, что прирост площади главного поперечного сечения равен сумме приростов площадей последующих сечений, деленной на коэффициент  $k_S$ .

Поступила в редакцию  
23 октября 1963 г.

УДК 634.0.524.1

## О НОВОМ В ТЕХНИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЯ

*Н. Н. СЕМЕНЧЕНКО*

Зам. начальника отдела лесного хозяйства Управления лесной промышленности  
и лесного хозяйства Западно-Уральского СХЗ

Между средними видовыми высотами элементов леса и их средними высотами существует близкая к функциональной зависимость, характеризующаяся уравнением прямой

$$H \cdot f = a \cdot H + b.$$

Анализ видовых высот, произведенный по различным таблицам, показывает небольшие отклонения их значений для основных лесообразующих пород, что позволяет объединить последние в две группы: первая — сосна, лиственница, береза, осина, ольха, липа; вторая — ель, пихта, дуб, клен, ильм.

В первой группе зависимость между средними видовыми высотами и средними высотами элементов леса характеризуется уравнением

$$H \cdot f = 0,380H + 1,4,$$

а во второй

$$H \cdot f = 0,405H + 1,4.$$

Используя эту зависимость, можно исчислять запасы древостоя элемента леса математическим путем

$$M = \Sigma g_{1,3} \cdot H \cdot f.$$

Исследования Линь Чан-Гена \* подтверждают возможность определения запасов древостоя простыми методами без применения таблиц.

Полученная эмпирическим путем формула  $V = \Sigma g_{1,3} \cdot (H + 3) f$ , предложенная Линь Чан-Геном для определения запасов древостоев, является частным случаем формулы, отражающей прямолинейную зависимость между средними  $H \cdot f$  и  $H$  древостоя элемента леса, при котором  $b = 3a$ .

Запас древостоя

$$M = \Sigma g_{1,3} \cdot H \cdot f;$$

$$H \cdot f = a \cdot H + b; \quad M = \Sigma g_{1,3} (a \cdot H + b); \quad M = \Sigma g_{1,3} \left( H + \frac{b}{a} \right) a.$$

В случаях, когда  $b = 3a$ , формула принимает вид

$$M = \Sigma g_{1,3} (H + 3) \cdot a,$$

\* Новое в технике определения запаса древостоя. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1961.

то есть совпадает с вариантом, предложенным Линь Чан-Геном, в котором коэффициент  $a$  есть не что иное, как  $f_3$ . Введенный новый показатель — эмпирическое видовое число  $f_3$  — по существу является коэффициентом, связывающим средние  $H \cdot f$  и  $H$  в формулах прямолинейной зависимости.

По приведенным Линь Чан-Геном данным эту зависимость можно выразить формулой

$$H \cdot f = (H + 3) \cdot f_3.$$

Следовательно, при  $f_3$  для светолюбивых пород, равном 0,40,

$$H \cdot f = 0,40H + 1,2.$$

а для теневыносливых пород при  $f_3 = 0,42$

$$H \cdot f = 0,42H + 1,26.$$

Средние видовые высоты, определенные по этим формулам, имеют небольшие расхождения.

Анализ зависимости между средними  $H \cdot f$  и  $H$  по различным таблицам хода роста дает несколько отличающиеся значения коэффициентов  $a$  и  $b$ . Видовые высоты, вычисленные по нашим формулам, дают отклонения от значений, определенных по ленинградским таблицам, до  $\pm 2\%$ ; по таблицам хода роста для Среднего Урала — до  $-3\%$ ; по всеобщим таблицам хода роста (по А. В. Тюрину) — до  $-6\%$ .

Относительно небольшие отклонения видовых высот, а следовательно, и запасов, и возможности внесения поправок при наличии систематических отклонений позволяют использовать эти формулы в практической работе.

Поступила в редакцию  
23 октября 1963 г.

УДК 634.0.266

## НАПРАВЛЕННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОРНЕЙ ДУБА

**И. М. ЛАБУНСКИЙ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Мариупольская ЛОС)

В сухих степях запасы влаги в грунте неустойчивы. В летние месяцы грунт пересыхает на значительную глубину. Чем глубже в грунт проникают корни, тем меньше растения страдают от засухи. Те растения, корни которых находятся в глубоких, обычно непересыхающих горизонтах грунта, при засухе не уменьшают своего прироста.

Так, на территории Мариупольской лесной опытной станции выращивали дуб обыкновенный при разных способах агротехники. Эти способы по-разному сказались на глубине вертикальных корней и на приросте дуба. Дуб, посеянный в 1948 г. по общепринятой агротехнике, сильно пострадал во время засухи 1954 г. Культуры дуба, посеянного в 1948 г. в борозды с последующей глубокой (до 50 см) перепашкой междурядий, во время засухи 1954 г. даже усилили свой прирост.

Раскопки корней моделей, взятых в полосе, показали следующую зависимость прироста от глубины вертикальных корней (табл. 1).

Таблица 1

Способ посева дуба	Глубина корня, м	Величина прироста ствола (см) по годам					
		1951	1952	1953	1954	1955	1956
Обычный . . . . .	2,0	25	25	25	10	15	25
Бороздово-строчной . . . . .	8,5—9,0	50	50	75	125	50	75

Учитывая особую важность вертикальных корней дуба для борьбы растений с засухой, изложим опыты по направленному выращиванию их.

В 1946 г. в степях Велико-Анадолы начали выращивать дуб строчно-бороздовым способом. Особенностью этого способа является то, что все внимание обращают на воспитание у дуба мощных вертикальных корней. Для этого дуб сперва выращивают в бороздах рядами-строчками в чистом виде. Теневые породы (клены остролистый, полевой, татарский и липу) вводят тогда, когда междурядия дуба начинают смыкаться (на третий—пятый год после посева желудей). Если почему-либо теневые породы ввести нельзя, то оставляют один дуб. Кустарники не вводят. Желуди высевают в борозды, сделанные за год до посева. В строчке их размещают равномерно, через 15—20 см. Расстояние между строчками 3 м. Междурядия дуба, как правило, держат в черном пару. В исключительных случаях их занимают пропашными культурами (картофель, свекла, кукуруза). В первые четыре года роста культур поздно осенью делают глубокую (50—60 см) безотвальную перепашку междурядий. При этом обрезают горизонтальные корни дуба. В бороздах собирается атмосферная вода. Вода проникает в грунт, а вместе с ней и вновь образованные корни (рис. 1).

В Анадольских степях чистые дубовые насаждения мало уступают дубово-кленовым или дубово-липовым. Результаты выращивания дуба этим способом в трехметровых междурядьях показаны в табл. 2. Обмер произведен в 1956 г.

Во время засухи 1954 г. прирост у отдельных дубов достигал 135 см. Вертикальные корни — 7—9 м. Многочисленные раскопки показали, что от перерезанных горизонтальных корней отходят вертикальные корни, иногда по два и более; на пораненных гори-

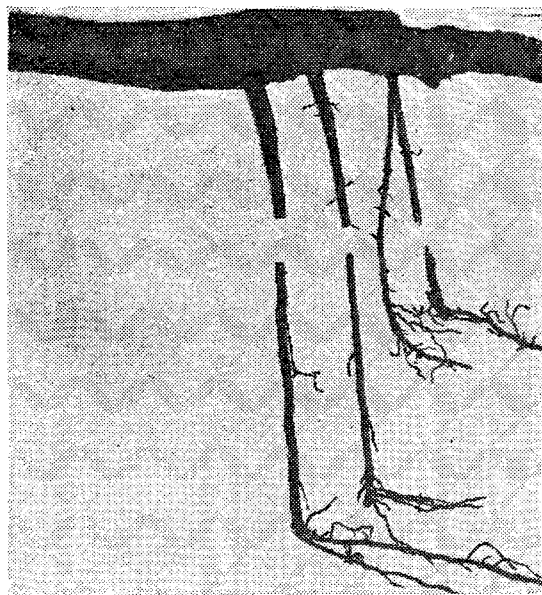


Рис. 1.

зонтальных также появляются вертикальные корни; необрезанные и непораненные горизонтальные корни, как правило, не дают вертикальных корней.

Таблица 2

Год посева	Подгон	Порода	Количество измерений	Средний диаметр, см	Средняя высота, м
1949	Липа введена в междурия в 1952 г.	Дуб	124	5,1	4,6
		Липа	71	—	1,4
1949	Ясень обыкновенный введен в междурия в 1952 г.	Дуб	48	4,4	4,9
		Ясень обыкновенный	30	2,9	4,1
1948	—	Дуб	234	4,6	4,9
1947	—	"	270	4,5	4,7

Из таблицы видно, что дуб, выращенный бороздово-строчным способом, при высокой агротехнике почти одинаково растет как при наличии подгоночных пород, так и без них. Дуб, выращенный в степи бороздово-строчным методом, имел не только хороший рост в высоту, но и был неуязвим во время засухи.

Поступила в редакцию  
22 апреля 1963 г.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 019.94 (674.031.623.234.2)

## ОСИНА — ВАЖНАЯ ЛЕСНАЯ ПОРОДА

В вышедшем в свет труде об осине\* А. С. Яблоков вновь убедительно и страстно ратует за эту лесную породу, открывая перспективы создания высокопродуктивных насаждений осины, особенно при развивающейся у нас интенсификации лесного хозяйства.

В главе I автор описывает современное состояние осиновых лесов СССР и хозяйства в них. Основными причинами появления осинников низкого качества нужно признать влияние неблагоприятных условий произрастания, неправильные приемы эксплуатации, особенно сплошные неоднократно повторяемые рубки, выборку на прииск здоровых деревьев осины, неустойчивость ее к заражению ложным трутовиком, особенно через механические повреждения на стволах, наносимые людьми, животными и насекомыми, а также через обломанные сучья в кронах. Здоровая осина обычно растет на богатых суглинистых влажных почвах с наличием стока грунтовых вод. В Смоленской области на гумусированных супесях, подстилаемых суглинистой мореной, нам приходилось видеть прекрасные осинники Ia класса бонитета и выше. Хороши также подпочвы из глауконитовых песков с фосфоритами и прослойками древних глин.

В книге совершенно правильно обосновано требование о введении более интенсивных форм хозяйства в осинниках. При лесоустройстве в соответствующих условиях осину нужно считать главной лесной породой, упорядочить эксплуатацию осинников, рекомендовать содействие возобновлению здоровой осины и проведение ее культур, организацию правильного ухода за лесом. Совершенно очевидно большое значение использования осиневой древесины на спички и фанеру, особенно на бакелизованную, а также как сырья для химической переработки на целлюлозу, бумагу, картон, плиты. Перспективно прессование отходов древесины осины с добавлени-

ем смол. Ввиду большого количества пентозанов древесина осины является ценным и дешевым сырьем для производства фурфурола и т. д.

В главе II А. С. Яблоков описывает многоформенность осины в естественных лесах, возможности и методы отбора форм, устойчивых к сердцевинной гнили, быстрый рост и качество древесины. Эта глава весьма интересна в теоретическом и практическом отношении. Автор указывает формы осины, различаемые по окраске и характеру коры, анатомии древесины, по фенологическим признакам (ранняя и поздняя); по характеру опущения листьев. Более устойчивы формы, у которых в годичных слоях больше элементов механической ткани, так как обычно по сосудам и сердцевинным лучам разрастается грибница трутовика. Особое внимание автор уделяет исполинской форме осины, найденной в ряде районов СССР, отмечая шарьинскую исполинскую и обоянскую исполинскую осину. Эти формы размножились вегетативным путем.

Автор указывает на большую опасность проникновения спор гриба-вредителя в пораненные места на стволах, в места облома сучьев. Поэтому так очевидна полезность отбора быстрорастущих форм осины, у которых нарастающая древесина скорее закрывает раны, препятствуя доступу трутовика.

В книге описаны методы и техника проведения отбора ценных форм осины в естественных лесах. Такая работа весьма перспективна. Шарьинская исполинская форма в 25-летних насаждениях накапливает до 374 м<sup>3</sup> на 1 га, то есть вдвое больше, чем обычная осина. Однако нужно думать, что неоднократно сплошная рубка без соответствующих мер ухода будет способствовать развитию гнилей и в клонах быстрорастущих осин.

Особый интерес представляет раздел о выведении новых ценных сортов осины, в том числе методами гибридизации. Для изменения природы дикого лесного растения особенно перспективен метод отдаленной гибридизации, в связи с появлением у гибридов свойства

\* А. С. Яблоков. Воспитание и разведение здоровой осины. Изд. второе, переработанное и дополненное. Гослесбумиздат, М., 1963.



гетерозиса. Автор подробно излагает практический опыт гибридизации осины. При этом подчеркивается необходимость получения большого количества сортовых гибридных семян для выращивания в массовом количестве гибридов первого поколения с дальнейшей сортировкой лучших семян, в частности и отбора элиты.

Глава III посвящена вопросам техники воспитания и разведения здоровой осины, рациональной эксплуатации осинников. Основное внимание лесовод автор направляет на то, чтобы не допускать заболевания осины сердцевинной гнилью, а если оно появилось — принимать меры к скорейшей его ликвидации. Создание густого молодняка осины с защитой растений от повреждения скотом, от вредителей и болезней, с уходом за деревьями путем удаления мертвых сучков и сучьев; применение химикатов для защиты поранений; изреживание полога с возрастом для лучшего роста стволов; беспощадное уничтожение малоценных форм; реконструкция насаждений при сильном развитии гнили — все эти приемы нужно вводить в арсенал ухода для создания здоровых, быстрых по росту и высокопродуктивных насаждений.

Автор описывает способы вегетативного и семенного размножения в питомниках ценной по качеству осины и создания культур сортовой осины. В конце своего труда он показывает направле-

ние дальнейших исследований и работ, которые должны превратить осину в промышленно ценную быстрорастущую древесную породу.

Главным недостатком этого труда является его большой объем, что связано с наличием ряда повторений (например, о формах, методах ухода, способах борьбы с гнилью и т. д.), материалов иногда побочного характера, (например, в главе I). Показывая методы получения посадочного материала, автор недостаточно осветил вопросы о внесении и влиянии удобрений, а также стимуляторов роста на семена осины. Не освещен опыт хранения семян и получения семян осины в ряде производственных лесхозов, например, в Брянской области.

Рецензируемая хорошо оформленная книга представляет собой монографию об осине. В ней подняты важнейшие вопросы воспитания и разведения осины, столь важные для теории и практики лесного хозяйства. Книга послужит учебным пособием для студентов вузов и принесет пользу большому числу специалистов, работающих над реконструкцией лиственных насаждений и над созданием новых высокопродуктивных и здоровых древостоев осины.

**Б. В. Гроздов**

*Профессор, доктор биологических наук.*

(Брянский лесотехнический институт).

УДК 634.0 (03.8)

## ПЕРВЫЙ РУССКИЙ ЛЕСНОЙ СЛОВАРЬ

120 лет назад, в 1845 г., департамент корабельных лесов завершил издание капитального труда под названием «Лесной словарь». Это издание было обработано служащими Департамента А. Никольским (редактор), В. Врангелем, учеными лесничими Е. Нольде и А. Кленке. Для составления словаря они использовали следующие пособия: Бодрильяр. Dictionnaire général, raisonné et historique des eaux et forêts (1825), Г. и Т. Гартига. Forstliches und forstnaturwissenschaftliches Conversations — Lexikon (2-те Auflage, 1836); сочинения Пфейля, Котты, Гундесагена, Г. Гартига, Кенига, Рагцебурга и др.; отечественный «Лесной журнал». Всего было выпущено три тома текста и один том с рисунками: I — в 1843 г., II — в 1844 г., III — в 1845 г., рисунки — в 1845 г.

Тематическим статьям словаря было предпослано введение, в котором подробно изложены три вопроса: необходимость лесов для общежития и промышленности; физическое или климатическое назначение лесов; постепенное развитие лесного законодательства в России. Все они представляют интерес, особенно третий, история которого (начиная с XVII в.) изложена на 22 страницах.

В трех томах текста помещены 663 статьи, занимающие 2224 страницы.

Обращают на себя внимание крупные статьи, прежде всего описания древесных и кустарниковых пород, среди которых на первых местах стоят дуб, сосна, береза, клен, ель, тополь.

В статье «Физиология» 106 страниц. Довольно значительна по объему и значению статья «Почва», заимствованная из «Курса лесовозобновления и лесоразведения» А. Длатовского. Следует также отметить большую статью «Лес» (63 стр.), в которой дана очень подробная классификация лесов по их принадлежности, качеству, состоянию, составу пород и другим признакам (более 70 категорий), а также даны основы хозяйства в казенных лесах.

Значительное место составители словаря отвели вопросам технологии лесохозяйственного производства: искусственному разведению лесов, древопольному или лесопольному хозяйству, питомникам, посеву, сплошной лесосеке и др. Большое внимание уделено лесной таксации, оценке лесов, опытным таблицам, лесным картам.

Ценные для прежних времен данные содержали такие статьи, как «Корабельный лес», «Корабельные роши», «Подельный или товарный лес», «Поташ», «Прутяной лес», «Смолокурение».

Следует отметить, что в словаре освещены важные практические вопросы: лесная литература, лесная стража, лесные чины, лесные училища, судопроизводство по делам о лесных преступлениях, учреждения лесного управления; не забыто речное сообщение и речное судоходство в северной лесистой полосе России, на 61 странице дана довольно подробная характеристика 170 рек Северо-Двинской системы и даты вскрытия и замерзания р. Северной Двины за период с 1734 по 1833 г., а также описаны типы судов, применявшихся на Севере.

Большая статья (76 стр.) посвящена насекомым, важным с точки зрения лесного хозяйства.

Заслуживают похвалы хорошо выполненные иллюстрации (всего 82 таблицы). Они посвящены следующим темам: аллеи, ботаника и физиология растений, древесные и кустарниковые породы (103 рисунка); запаны, корабельный лес, корчевание пней, насекомые (116 видов), речные суда.

Этот словарь был, без сомнения, весьма примечательным явлением в русской лесной литературе и представляет большую ценность как памятник, рассказывающий об одном из исторических этапов развития отечественного лесного дела.

**П. И. Войчалъ.**

*Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук.*

(Архангельский лесотехнический институт).

УДК 634.0 (0.92)

### МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ КОЛПИКОВ

10 декабря 1964 г. на 68-ом году жизни после продолжительной тяжелой болезни скончался заведующий кафедрой лесоводства Ленинградской лесотехнической академии, заслуженный деятель науки РСФСР, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Михаил Васильевич Колпиков.

Трудовой путь Михаила Васильевича являет собой образец беззаветного служения науке и делу подготовки кадров лесных специалистов.

После окончания в 1924 г. одновременно университета и института сельского хозяйства и лесоводства в г. Казани М. В. Колпиков был оставлен при институте на научно-педагогической работе.

Свыше 25 лет он работал в Поволжском лесотехническом институте, занимая должности ассистента, доцента, и. о. зав. кафедрой, профессора. В течение трех лет он заведовал кафедрой лесоводства в Уральском ЛТИ, куда был

направлен для укрепления кафедры. С 1953 г. М. В. Колпиков руководил кафедрой лесоводства ЛТА.

За время 40-летней плодотворной деятельности М. В. Колпиков опубликовал свыше 50 работ, посвященных различным вопросам лесоводства. Он написал учебник «Общее лесоводство» для лесных техникумов, вышедший четырьмя изданиями. Учебник был издан на ла-

тышском, азербайджанском, литовском, болгарском, корейском и китайском языках. В последние годы М. В. Колпиков руководил научно-исследовательской работой лесохозяйственного факультета по важнейшей тематике.

За беззаветное служение родине и лесной науке Михаил Васильевич был награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, медалью за доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг., медалью ВДНХ и др.

М. В. Колпиков всегда уделял большое внимание воспитательной работе среди студентов, постоянно поддерживал связь с производством. Им сделано большое количество докладов, проведено много лекций и инструктивных бесед на предприятиях Управления лесного хозяйства Марийской, Татарской, Чувашской и Удмуртской АССР, Ленинградской, Свердловской, Пермской, Челябинской областей.

М. В. Колпиков провел большие обследовательские и исследовательские работы в лесах Поволжья и Урала.

В лице М. В. Колпикова большой коллектив лесоводов потерял не только преданного делу ученого, но также прекрасного воспитателя молодежи, чуткого, отзывчивого товарища. Память о М. В. Колпикове навсегда останется в сердцах его ближайших товарищей по работе и его учеников.

**Группа товарищей**

(Ленинградская лесотехническая академия)



## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Б. Гроздова. Древесина различных форм березы бородавчатой и пушистой . . . . .	3
А. А. Макаренко. К вопросу о влиянии густоты древостоя на его таксационные показатели . . . . .	6
Н. П. Чупров. Некоторые вопросы организации хозяйства в березовых насаждениях Архангельской области . . . . .	10
В. Я. Попов. О некоторых эколого-морфологических признаках сосны различного происхождения в Архангельской области . . . . .	15
Н. Б. Муравьева. Фауны ели в насаждениях Лисинского лесхоза . . . . .	17
И. И. Минкевич. Роль желтопятнистого усача ( <i>Mesosa myops</i> Dalm.) в распространении инфекционного усыхания дубовых насаждений . . . . .	21
К. К. Полуяхтов, Н. В. Куприянов. Естественное возобновление ливенницы Сукачева в Горьковском Заволжье . . . . .	24
Н. Н. Соколов, В. И. Левин. К вопросу о строении и росте чистых сосновых модальных древостоев Архангельской области . . . . .	28
М. Ф. Мойко. О продуктивности дубовых насаждений различных схем смещения . . . . .	31
И. С. Сафаров. Эльдарская сосна ( <i>Pinus eldarica</i> Medw.) (биолого-экологическая особенность) . . . . .	34
И. И. Левицкий. Строение по диаметру башкирских осокорников . . . . .	39
Н. И. Ониськин, В. Ф. Белоконов. Некоторые вопросы выращивания тополевых культур в Полесье и лесостепи СССР . . . . .	42
В. А. Рахов. Влияние подтопления на рост и состояние сосны в береговой зоне Куйбышевского водохранилища . . . . .	44
А. К. Миняйло. О добывании дятлами личинок малого осинового скрипуна . . . . .	48
Б. П. Соловьев. Буреломы и ветровалы в лесу . . . . .	51

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Ф. А. Павлов. Влияние структуры и температуры снега на его уплотняемость . . . . .	53
К. А. Чекалкин. Исследования по динамике механизмов сортировочного узла поточной линии по формированию секции плотов. Сообщение 2 . . . . .	57
Н. Г. Бережнов. Влияние температуры воздуха на величину коэффициента трения материала о снег . . . . .	62
В. Н. Карелин. Исследование энергобаланса и к.п.д. двигателей авто тягача МАЗ 4×4 на снежной дороге . . . . .	65
И. Я. Бейлин. Способ определения держашей силы винтовых якорей в зависимости от крутящего момента, развиваемого при их установке . . . . .	71
И. Стан. Динамические нагрузки в тросах воздушно-трелевочных установок ВТУ-3 при подъеме груза к каретке . . . . .	75
Я. В. Слодкевич. Пути повышения мощности двигателей внутреннего сгорания в лесной промышленности . . . . .	82
П. П. Сулханов, П. Н. Бутин, Л. Н. Попов. Динамические испытания специализированного ширококолейного сцепа для вывозки хлыстов . . . . .	89

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

С. М. Тимонен. Влияние режимных факторов проточки абразивным кругом на явление прижога и степень гладкости проточенных поверхностей . . .	94
В. В. Памфилов. Повышение прочности древесины против ударных нагрузок . . .	99
И. И. Трубников. Напряжения в полотне ленточных пил, подвергнутых поверхностному наклепу . . . . .	104
Б. И. Артамонов. Расчет комбинированного нагрева при склеивании многослойных пакетов шпона . . . . .	109
Л. Г. Молчанов. Исследование стабильности положения суппорта во время работы деревообрабатывающих станков . . . . .	116
Ю. М. Ванинская. Динамика разрушения древесины сосны и ели грибом <i>Coniophora cerebella</i> Schr. . . . .	123

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Орлов, В. И. Шарков. Об образовании и распаде алкилгликозидов при алкоголизе целлюлозы . . . . .	127
Ю. Я. Яныгин. Использование повышенного давления в энергохимической установке . . . . .	134
Ю. Н. Непенин, А. Д. Бувевская, Т. В. Назаренко. Влияние некоторых загрязнителей на процесс сульфитной варки целлюлозы с кислотой на растворимых основаниях . . . . .	139
Р. А. Баранова, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. Получение воднорастворимых производных хлорофилла из хвои . . . . .	145
А. И. Егоров, В. В. Юницын. К экспериментальной оценке некоторых гидродинамических характеристик щелевых направляющих аппаратов . . . . .	149

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

О. А. Неволин. Применение счетных машин при изучении смешанных насаждений . . . . .	155
А. Н. Яблоков. О единой системе сопоставления результатов учета круглых лесоматериалов различными методами . . . . .	159

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Н. Е. Заев. О количественном соотношении площадей поперечного сечения ствола и ветвей в некоторых растениях . . . . .	167
Н. Н. Семенченко. О новом в технике определения запаса древостоя . . . . .	168
И. М. Лабунский. Направленное выращивание вертикальных корней дуба . . . . .	170

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

<b>Б. В. Гроздов.</b> Осина — важная лесная порода . . . . .	172
П. И. Войчалъ. Первый русский лесной словарь . . . . .	174
<b>Михаил Васильевич Колпиков</b> . . . . .	175

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИИ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2. (Год издания восьмой).

Сдано в набор 2/III-65 г. Подписан к печати 14/V 65 г. Форм. бум. 70x108 /<sub>16</sub>. Печ. л. 15,07 + 5 вклеек. Физич. л. II. Уч.-изд. л. 14 514. Тираж 1600. Сл. 00280 Заказ 526 Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

**а**

Район	Леснич. чество				Номер квар- тала				Номер участка				Площадь участка, га				Класс возраста				Вонитет				Полнота				Общий запас на участке				Запас на участке по породам																Смешение и состав			Тип леса		Подрост		Особенности	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45												
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

**б**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45									
0	0	0	0	●	0	0	0	0	●	●	0	●	0	0	0	●	0	0	0	●	●	0	0	●	●	●	●	●	●	0	0	●	●	●	●	0	●	0	●	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	1	1	1	●	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	●	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	●	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
2	2	2	2	2	2	2	●	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	●	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	●	2	2	2	2	2					
3	3	3	●	3	3	3	3	●	3	3	3	3	●	●	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	●	3	3	3	3	3	3	3	3	●	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
7	7	7	7	7	●	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7			
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	●	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	45	45	45	45	45	45			
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	●	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Рис. 1

а — макет перфорации; б — отперфорированная перфокарта.

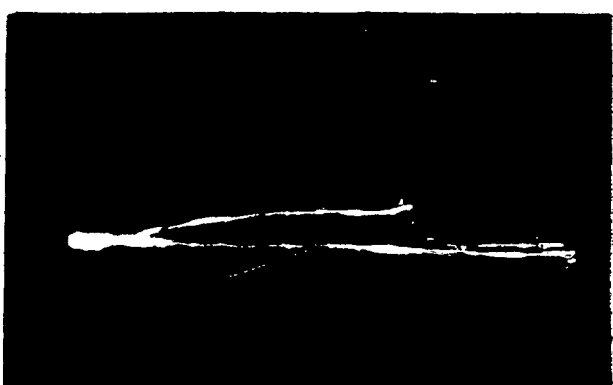
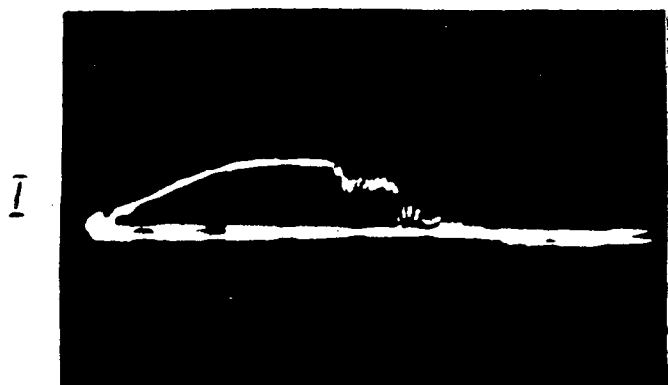
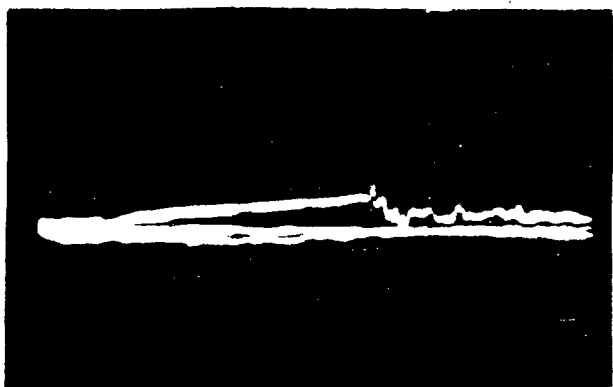
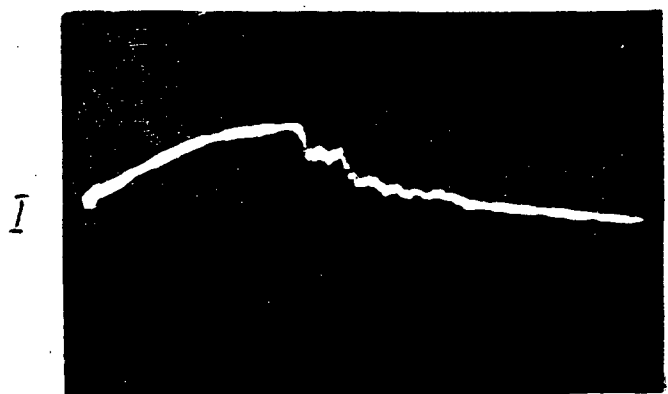
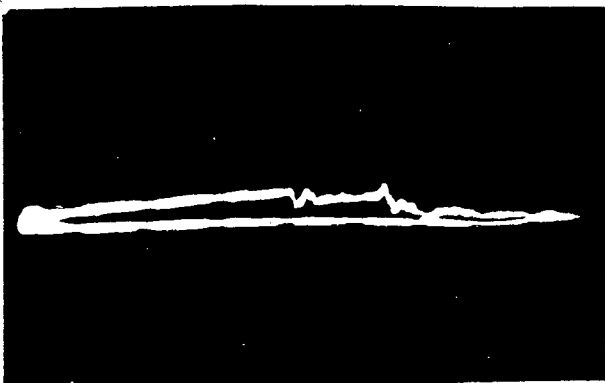
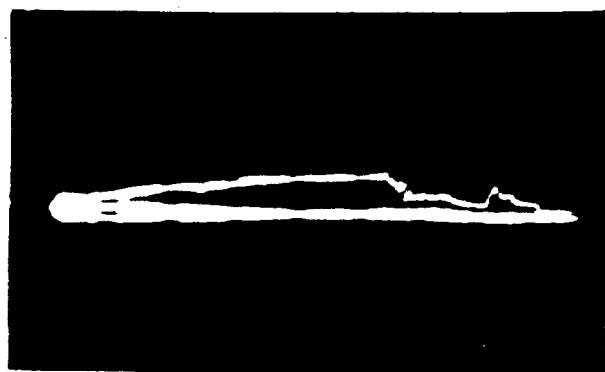
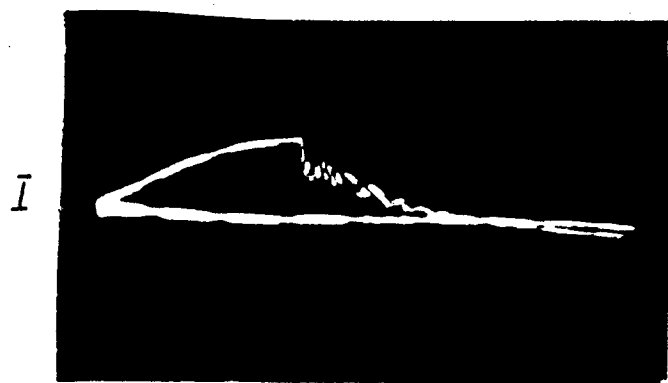
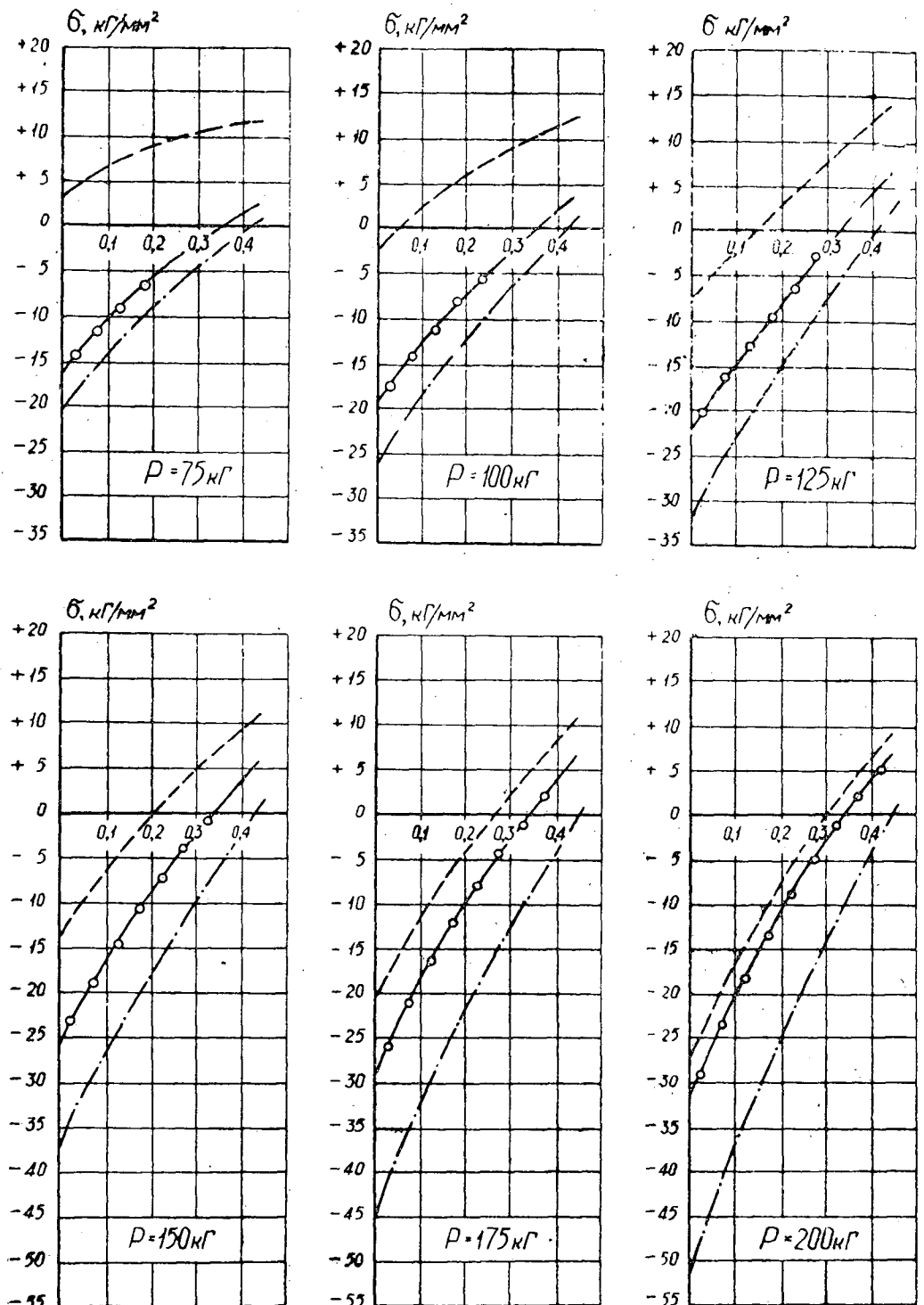


Рис. 3.



Горизонтальная ось - расстояние от наклепанной поверхности, мм

Рис. 3. Эпюры напряжений в поверхностном слое полотна пилы, подвергнутой наклепу.



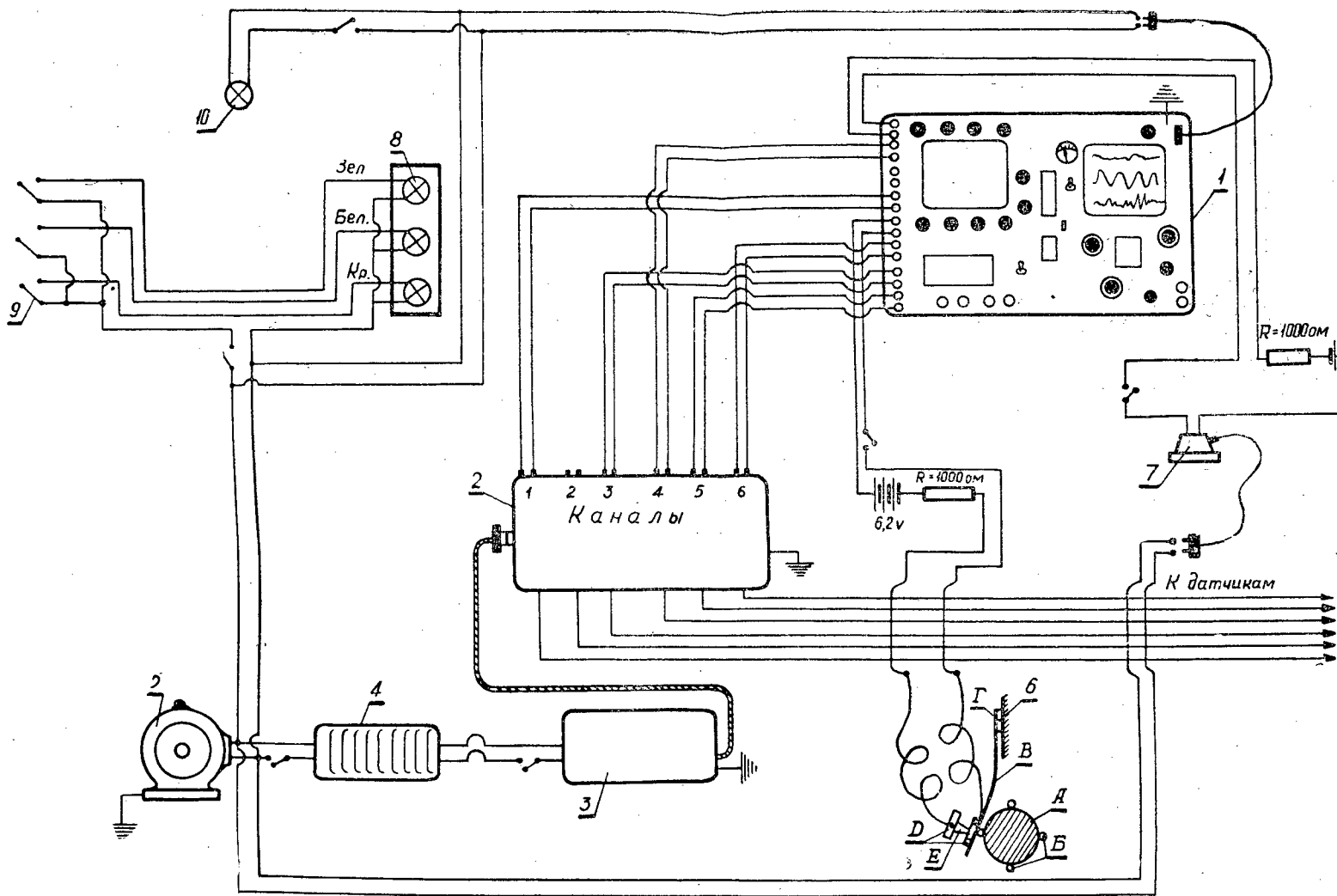


Рис. 4. Схема тензометрической установки.

1 — осциллограф Н-100; 2 — шестиканальный усилитель; 3 — выпрямитель; 4 — стабилизатор; 5 — электростанция; 6 — отметчик оборотов колеса вагона; А — ось в вагоне; Б — кулачки, приваренные к оси; В — упругая пластинка; Г — деревянная планка на раме вагона; Д — гетинаксовые пластинки; Е — контактное устройство; 7 — отметчик времени; 8 — электросигнализация; 9 — выключатели сигнализации; 10 — освещение вагона.

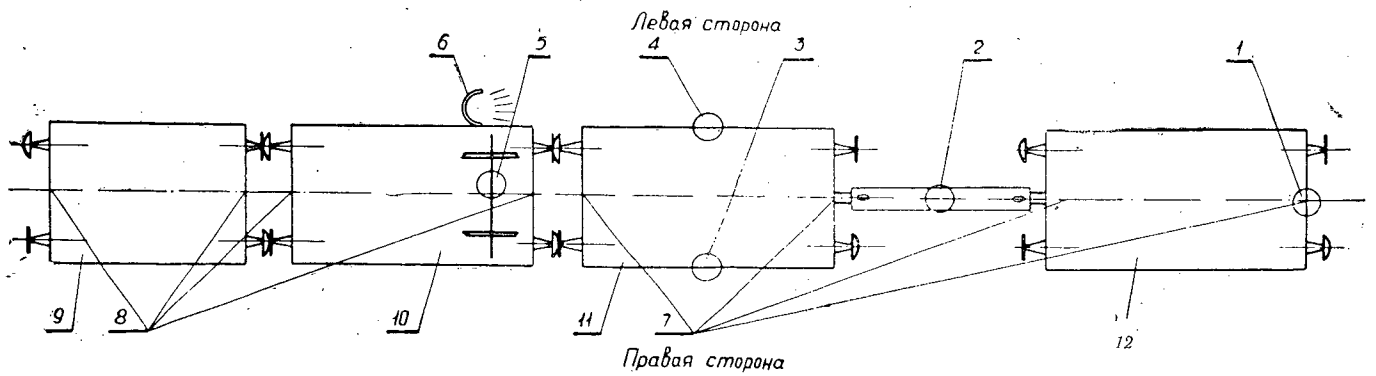


Рис. 5. Схема экспериментального поезда.

1, 2, 3 и 4 — места наклейки тензодатчиков; 5 — отметчик оборотов колеса вагона; 6 — электросигнализация; 7 и 8 — спальные приборы; 9 — вагон с электростанцией; 10 — вагон-лаборатория; 11 и 12 — двухосные платформы опытного сцепа.

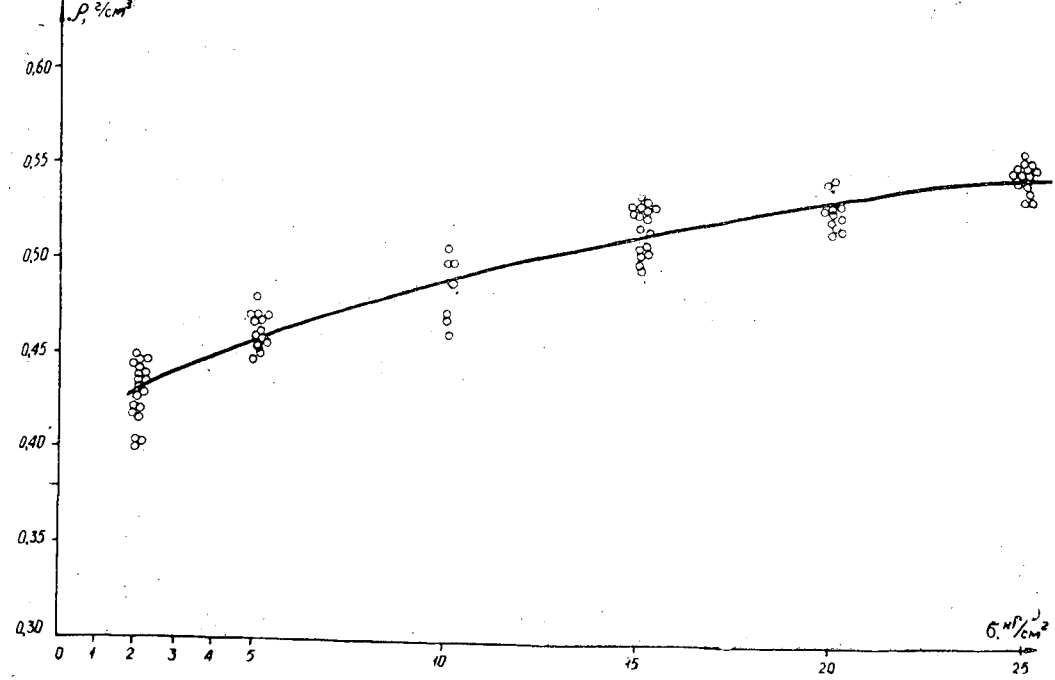


Рис. 2. График зависимости плотности звездчатого снега  $\rho$  от удельного давления  $\sigma$ .

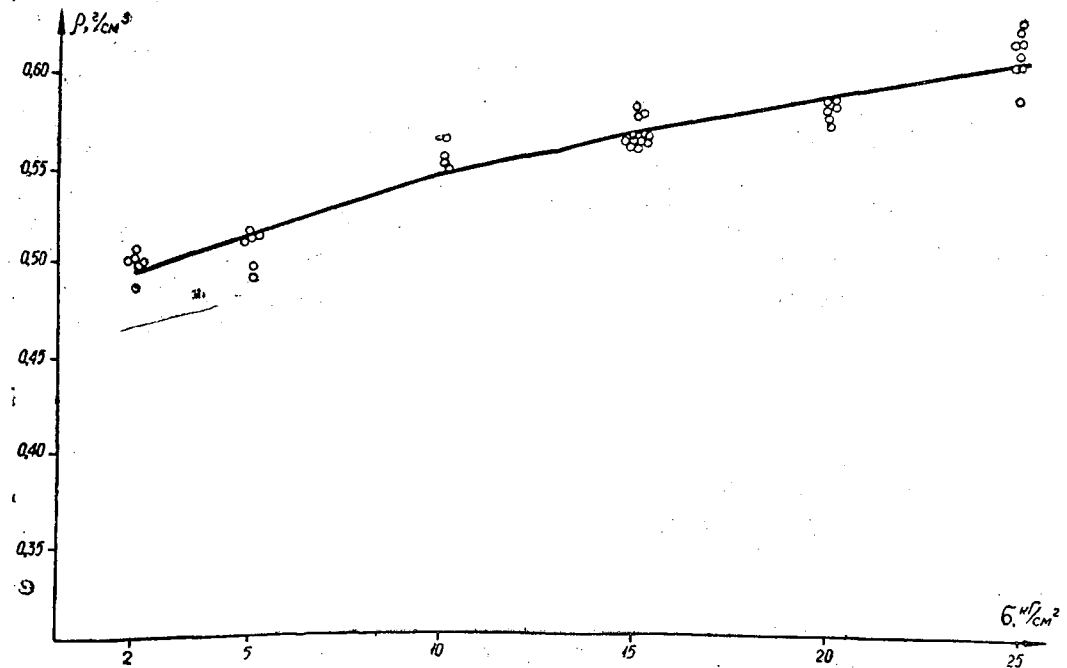


Рис. 4. График зависимости  $\rho$  от  $\sigma$  для снега, имеющего гранулометрический состав № 2.

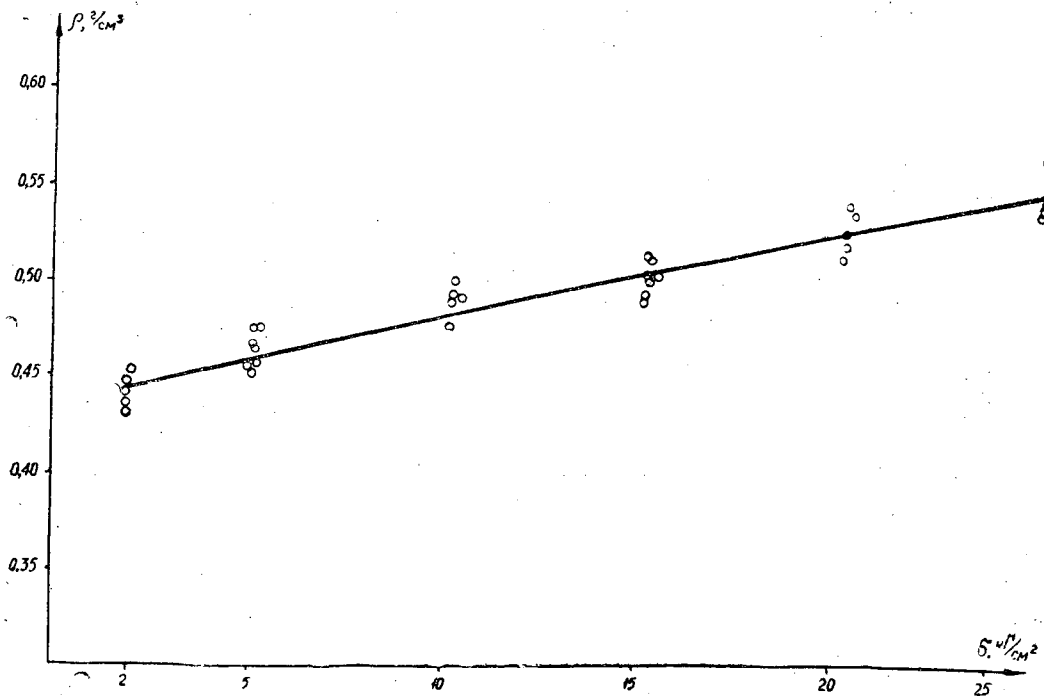


Рис. 3. График зависимости  $\rho$  от  $\sigma$  для снега, имеющего гранулометрический состав № 1.

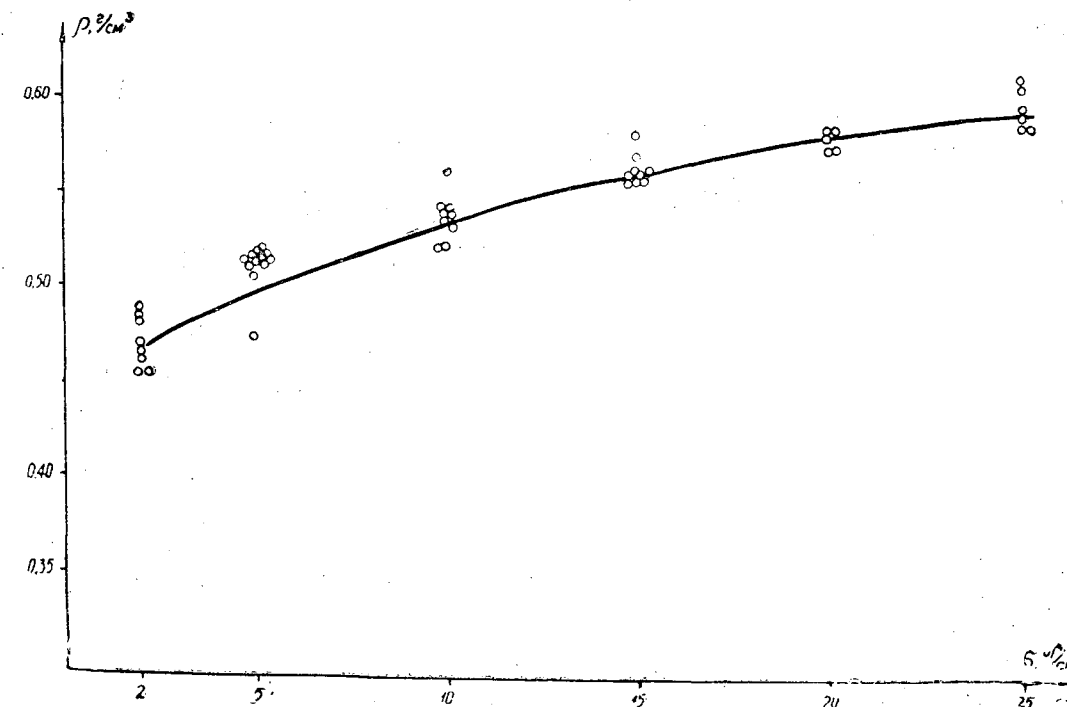


Рис. 5. График зависимости  $\rho$  до  $\sigma$  для снега, имеющего гранулометрический состав № 4.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь  
на журнал на 1965 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Раздел**

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963 и 1964 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».