

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ШЕСТОЙ

5

1963

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчаль (зам. отв. редактора), проф. С. Х. Будыка, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. А. 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 и лесохозяйственных институтов.

Выходит 6 раз в год.

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ  
МОЛОДНЯКОВ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Н. Т. СМИРНОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Приморский сельскохозяйственный институт)

Знание природных закономерностей роста молодых насаждений даст возможность предвидеть этапы их дальнейшего развития, позволит установить систему хозяйственных мероприятий, направленных на регулирование состава пород в желательном направлении. Между тем наши знания о росте смешанных, особенно молодых древостоев весьма недостаточны. Для районов Южного Урала и смежных с ними областей вообще отсутствуют какие-либо данные по этому вопросу.

Наиболее ценной и широко распространенной древесной породой на Южном Урале является сосна. Среди смешанных насаждений первое место занимают сосново-березовые.

Для изучения роста сосново-березовых насаждений из таксационного описания лесов Ильменского заповедника было выделено около 4000 участков с преобладанием сосны и березы, общей площадью свыше 11 тыс. га. Устройство лесов заповедника проведено в 1958 г. по I разряду. Выбранные участки распределены по типам леса, классам возраста, составу и полноте древостоев. Для каждой категории определены средний запас на 1 га, средний прирост и высота насаждения, на основании чего установлено изменение состава и производительности в зависимости от лесорастительных условий, возраста и полноты древостоев.

В результате рекогносцировочного обследования насаждений на площади 3200 га было получено представление о характере смешения пород, густоте, общем состоянии древостоев. В различных лесорастительных условиях, в насаждениях различного состава, возраста и полноты заложено 64 пробные площади размером от 0,04 до 1,0 га.

Естественнo-исторические условия района исследований в литературе описаны весьма подробно ([2], [11], [4] и др.). Группы типов лесорастительных условий и типы леса выделены по классификации Е. М. Фильрозе [16], по которой проводили лесоустроительные работы.

В очень сухих условиях заложено 7 пробных площадей, тип леса — сосняк каменистый, занимающий вершины каменистых гряд. Почвы очень мелкие (мощностью 5—10 см), сильно скелетные, примитивно-аккумулятивные [1]. Насаждения представлены чистой сосной V—Va классов бонитета с небольшой примесью березы. Подлесок очень редкий и состоит из спиреи, шиповника и раkitника. Травяной покров редкий из кощачьей лапки, коротконожки, земляники.

В сухих условиях заложено 19 пробных площадей в типах леса сосняк мертвопокровный и бруснично-злаковый, которые занимают плоские вершины холмов и увалов, верхнюю часть склонов. Поверхность обычно сложная, изрезанная. Почвы буроземовидные горно-лесные. Преобладают чистые насаждения сосны, но встречается и значительная примесь березы. Насаждения большей частью относятся к IV классу бонитета, самой различной полноты. Подлесок редкий, в основном из ражитника. Травяной покров крайне неравномерен — от бестравных пятен на буграх до вейниково-разнотравного в понижениях.

В свежих условиях заложено 20 пробных площадей в сосняках черничнике, мшистом, вейниково-разнотравном, расположенных в нижних частях склонов, на выравненных местоположениях. Почвы — самые разнообразные, мощностью 30—50 см. Преобладают смешанные сосново-березовые насаждения III—IV классов бонитета. Развитие травяного покрова в сильной степени зависит от полноты древостоя. Обычно здесь встречаются вейник, бубенчик лилиелистный, папоротник-орляк, медуница смягчающая, порезник промежуточный, черника, борец северный, подмаренник и др.

В группе влажных типов заложено 13 пробных площадей, в сосняках лугово-разнотравном, широколиственным, разнотравно-орляковым, распространенных в поймах рек и ручьев, в межрядовых западинах, вблизи озер и болот. Почвы большей частью дерново-подзолистые. Насаждения смешанные, высокополнотные, III класса бонитета. Подлесок редкий из ивы, шиповника. Травяной покров густой и богатый видами.

В сырых условиях исследовано только пять пробных площадей. Возникновение изученных молодняков связано с осушением и разработкой торфяника. Рубку леса здесь не проводят, а пожаров не бывает, поэтому на всех пробных площадях насаждения имеют один возраст. Тип леса — сосняк осоково-кустарничковый. Насаждения смешанные, высокополнотные, V класса бонитета. Подлесок редкий или средней густоты из кустарниковой березы, ивы, рябины, черемухи. Напочвенный покров очень густой, главным образом из осои.

Древостой во всех случаях имеют естественное происхождение, рубок ухода не проводили.

Большая часть проб относится к насаждениям максимально полным. Лишь для изучения влияния степени густоты молодняков на показатели хода роста часть пробных площадей заложена в насаждениях, изреженных в той или иной степени.

Пробные площади заложены в древостоях четырех возрастных групп: 11—13 лет — начальный период формирования молодняков, 17—18 лет — окончание фазы формирования молодняка, 27—28 лет — период интенсивной дифференциации деревьев и изреживания древостоев и 38—42 года — период стабилизации насаждений.

В соответствии с указанием Ф. П. Моисеенко, В. Д. Арещенко [8] и Ю. Н. Савича [13] перечень деревьев сделан без выделения вырубаемой части, по односантиметровым ступеням толщины. Для каждой породы и ступени толщины измерена высота у 5—8 деревьев.

Для определения запаса древостоев и анализа хода роста стволов срублено 330 модельных деревьев сосны и 125 — березы. Были построены графики высот и диаметров по типам лесорастительных условий в зависимости от возраста. На графики наносили средние высоты и диаметры пробных площадей и данные анализа модельных деревьев. На основании этого в пределах определенного типа лесорастительных условий устанавливали принадлежность насаждений к одному естественно-му ряду развития.



Изменение во времени сумм площадей сечения находили по данным непосредственных наблюдений. Составленная на основании этого таблица отражает ход роста реальных, хотя и наиболее сомкнутых древостоев. Запас по породам вычисляли по основной формуле через выравненные значения видовых высот. При этом использовали средние высоты и видовые числа насаждений пробных площадей. Число стволов по породам находили через сумму площадей сечения, средний и текущий приросты — обычными методами.

Для оценки правильности графических выравнений были вычислены коэффициенты корреляции между выравненными и опытными значениями признака.

Наиболее высокие коэффициенты корреляции (0,97) получены по высоте. В связи с большими различиями в полноте коэффициенты корреляции по сумме площадей сечения и числу стволов оказались ниже, особенно для очень сухих условий ( $r = 0,92-0,93$ ).

Размеры естественного отпада установлены по наличию сухостоя на пробных площадях (табл. 1). При этом результаты получаются завышенными, так как на корню остаются наиболее крупные из сухостойных деревья.

Таблица 1

Условия среды	Сухостой в возрасте, лет							
	10		20		30		40	
	шт.	м <sup>3</sup>	шт.	м <sup>3</sup>	шт.	м <sup>3</sup>	шт.	м <sup>3</sup>
Сухие . . .	—	—	2600	0,86	5330	2,45	3400	3,60
Свежие . . .	—	—	3550	1,37	5470	4,04	3650	4,70
Влажные . .	2700	1,0	5350	2,80	6500	5,77	3340	7,80

Таксационные показатели растущей части насаждения вычислены отдельно по породам и для древостоя в целом (табл. 2).

В одних лесорастительных условиях и для одного возраста состав насаждений может быть самым разнообразным — от чистых сосняков до чистых березняков (за исключением очень сухих условий). В табл. 2 приведен состав наиболее распространенных молодняков с преобладанием сосны. С увеличением полноты участие березы уменьшается. В таблице приведены показатели для высокополнотных древостоев.

Насаждения с приблизительно равным участием пород (6С4Б — 6Б4С) имеется мало. На большей части площади преобладает одна порода, а другие являются примесью. Степень участия в составе древостоев сопутствующих пород зависит от лесорастительных условий, возраста и полноты насаждений. С повышением возраста, полноты и ухудшением условий увлажнения примесь сопутствующих уменьшается. При этом в сухих условиях увеличивается площадь сосняков, а в сырых и влажных — березняков. Во всех случаях площадь насаждений с равным участием пород с увеличением возраста и полноты уменьшается. Высокополнотные древостои вообще не имеют такого состава.

Подавляющая часть площади (50% и более) имеет определенное соотношение полноты и состава (рис. 1). Лучший рост молодняков наблюдается в однопородных древостоях при высокой полноте, а в смешанных — при некотором изреживании. При одной полноте лучший рост отмечен в смешанных древостоях, при явном преобладании одной породы. В однопородных древостоях и при равном участии пород рост ухудшается.

Ход роста сосновых молодняков в различных лесорастительных условиях

Таблица 2

Возраст, лет	Сосна					Береза					Насажение в целом					
	высота, м	диаметр, см	число стволов, тыс. шт.	сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	запас, м <sup>3</sup>	высота, м	диаметр, см	число стволов, тыс. шт.	запас, м <sup>3</sup>	сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	число стволов, тыс. шт.	запас, м <sup>3</sup>	сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	средний прирост, м/год	текущий прирост, м/год	общая производительность, м <sup>3</sup>
Очень сухие условия (сосняк каменный), V класс бонитета																
10	1,5	1,0	55,0	4,9	10	—	—	—	—	1,5	1,0	55,0	4,9	1,0	1,0	10
15	2,3	1,5	45,0	7,5	18	—	—	—	—	2,3	1,5	45,0	7,5	1,6	2,0	20
20	3,3	2,0	34,7	10,6	28	—	—	—	—	3,3	2,0	34,7	10,6	2,0	3,3	33
25	4,5	2,6	26,5	14,0	47	—	—	—	—	4,5	2,6	26,5	14,0	1,9	3,8	55
30	5,7	3,3	20,0	17,6	70	—	—	—	—	5,7	3,3	20,0	17,6	2,3	4,6	81
Сухие условия (сосняк бруснично-злаковый), IV класс бонитета																
10	2,0	1,2	35,7	4,3	14	2,7	1,5	9,6	5	2,2	1,3	45,3	6,0	1,9	1,9	19
15	3,2	1,8	30,1	7,7	26	4,1	1,9	7,4	7	3,4	1,8	37,5	9,8	2,2	2,8	34
20	4,5	2,4	25,2	11,4	40	5,5	2,5	5,0	10	4,7	2,4	30,2	13,9	2,5	3,4	54
25	5,8	3,2	20,0	16,0	62	7,0	3,2	2,5	10	5,9	3,2	22,5	18,0	2,9	4,4	79
30	7,1	4,1	15,7	20,7	90	8,3	4,1	1,1	8	7,2	4,1	16,8	22,2	3,3	5,2	108
35	8,4	5,1	12,5	25,5	127	9,5	5,1	0,4	4	8,4	5,1	12,9	26,3	3,7	6,6	144
40	9,6	6,3	9,7	30,3	170	—	—	—	—	9,6	6,3	9,7	30,3	4,2	7,8	187
Свежие условия (сосняк вейниково-разнотравный), III-IV класс бонитета																
10	2,4	1,5	26,0	4,6	18	3,1	1,8	11,0	8	2,7	1,6	37,0	7,4	2,6	2,6	26
15	3,8	2,1	22,5	8,3	30	4,7	2,3	8,2	13	4,1	2,2	30,7	11,7	2,9	3,4	44
20	5,2	2,9	18,6	12,4	45	6,5	2,9	5,6	17	5,5	2,9	24,2	16,1	3,1	3,8	67
25	6,8	3,8	14,8	16,8	69	8,3	3,6	3,8	20	7,1	3,7	18,6	20,7	3,6	5,4	97
30	8,5	4,8	11,7	21,3	101	10,2	4,4	2,6	23	8,2	4,7	14,3	25,3	4,1	7,0	135
35	10,4	6,2	8,9	25,9	143	12,3	5,4	1,7	23	10,6	6,0	10,6	29,7	4,7	8,4	181
40	12,2	7,8	6,4	30,8	190	14,5	6,5	1,1	20	12,4	7,6	7,5	34,3	5,1	8,8	230
Влажные условия (сосняк лугово-разнотравный), III класс бонитета																
10	2,8	1,9	17,6	5,0	20	3,5	2,0	13,8	15	3,1	1,9	31,4	9,4	3,5	3,5	36
15	4,6	2,7	14,2	8,2	34	5,3	2,5	11,3	23	4,9	2,6	25,5	13,8	3,8	4,4	60
20	6,5	3,7	10,7	11,5	50	7,3	3,1	9,3	34	6,8	3,4	20,0	18,4	4,2	5,4	90
25	8,5	4,8	8,6	15,4	74	9,3	3,9	6,4	42	8,8	4,4	15,0	22,9	4,6	6,4	125
30	10,6	6,0	6,9	19,4	107	11,4	5,0	4,1	48	7,3	5,7	11,0	27,4	5,2	7,8	168
35	12,9	7,5	5,6	24,3	150	13,5	6,7	2,4	50	13,0	7,2	8,0	32,4	5,7	9,0	217
40	15,3	9,1	4,6	30,0	200	15,7	8,9	1,2	50	15,4	9,0	5,8	37,5	6,2	10,0	273
Сырые условия (сосняк осоково-кустарничковый), V класс бонитета																
30	5,6	4,3	10,5	16,4	63	7,1	4,3	3,6	24	6,0	4,3	14,1	22,6	2,9	—	—

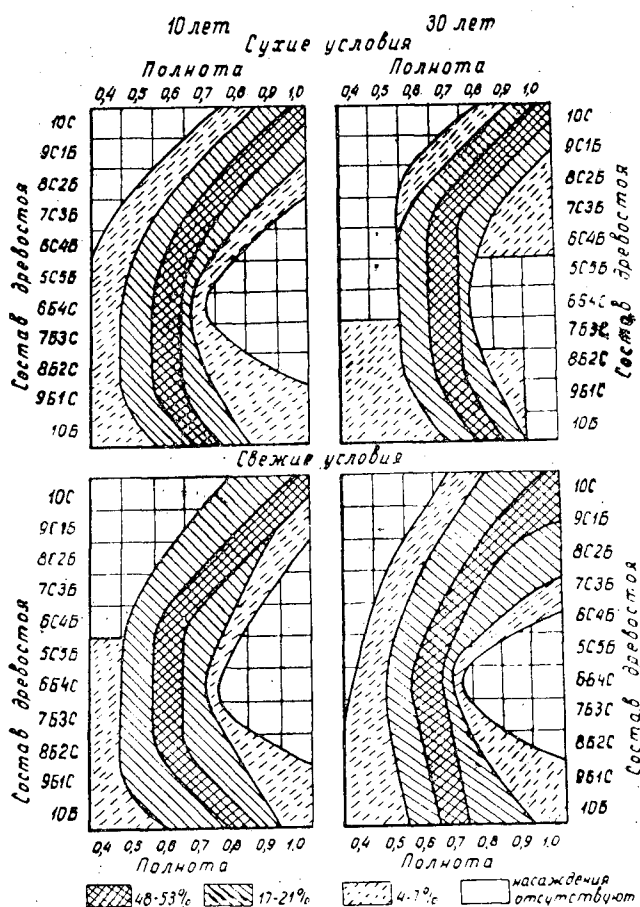


Рис. 1. Изоплеты встречаемости сосново-березовых молодняков в зависимости от состава и полноты древостоев (в процентах от общей площади того или иного состава).

В табл. 2 обращает на себя внимание большая густота насаждений, в 1,5—2,5 раза превышающая величины, приведенные в таблицах хода роста нормальных сосновых насаждений того же возраста и класса бонитета (рис. 2). На подобное положение указывали почти все исследователи, изучающие ход роста сосняков ([9], [6], [3] и др.). Это явление нельзя объяснить только отсутствием ухода за насаждениями, так как и при учете вырубаемой части различия получаются большие. Больше того, если в смешанных молодняках для сравнения взять только сосну, то и в этом случае количество деревьев в изучаемых насаждениях получается значительно больше, чем в таблицах хода роста, составленных А. В. Тюриным [15], В. И. Левиным [5], В. К. Захаровым и О. А. Труллем [3]. Следовательно, большая густота является особенностью изучаемых молодняков. В таблицах Н. П. Поликарпова [12] для смешанных сосновых молодняков приводится еще большее число деревьев.

Образование отпада в смешанных молодняках происходит значительно интенсивнее, чем по данным таблиц хода роста нормальных сосновых насаждений. В лучших условиях увлажнения изреживание начинается раньше, однако протекает медленнее, чем в сухих. В связи с этим

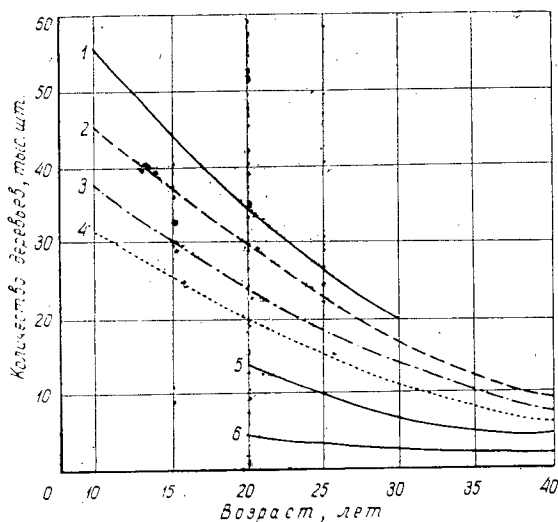


Рис. 2. Изменение с возрастом количества деревьев.

1— в очень сухих условиях; 2— в сухих; 3— в свежих; 4— во влажных; 5— по таблицам хода роста V класса бонитета, составленным А. В. Тюриным; 6— то же для IV класса бонитета.

большое различие в количестве деревьев по типам леса в начале образования молодняков уменьшается с возрастом, однако и к 40-летнему возрасту в лучших условиях среды общее количество деревьев остается меньше.

В связи с большой густотой средний диаметр изучаемых древостоев в 1,5—2 раза меньше, а сумма площадей сечения на 20—30% больше соответствующих показателей таблиц хода роста нормальных насаждений, причем с возрастом эти различия увеличиваются. В связи с этим полнота как смешанных, так и чистых молодняков, определенная по соотношению сумм площадей сечения и запасов, во многих случаях бывает больше 1,0 и достигает даже 2,0.

Характер изменения с возрастом сумм площадей сечения смешанных молодняков в сильной степени отличается от показателей существующих таблиц хода роста. В первом юлучае до 40-летнего возраста текущий прирост по площади сечения в большинстве случаев возрастает, тогда как по таблицам А. В. Тюрина уже с 20-летнего возраста он начинает падать. По таблицам хода роста, составленным В. К. Захаровым и О. А. Труллем [3], сумма площадей сечения естественного сосняка-брусничника в период с 5 до 15 лет выросла на  $25,6 \text{ м}^2$ , тогда как с 15 до 30 лет текущий периодический прирост составил  $8 \text{ м}^2$ , то есть уменьшился по сравнению с первым периодом в 5 раз, а в возрасте от 30 до 40 лет — в 10 раз. По таблицам В. К. Захарова и О. А. Трулля текущий прирост по запасу достигает максимальной величины в период 10—15 лет, тогда как в изучаемых 40-летних насаждениях он все еще возрастает.

Любопытно отметить, что в высокополнотных молодняках сумма площадей сечения сосны мало зависит от лесорастительных условий. В связи с этим общая площадь сечения насаждения с улучшением условий местопроизрастания возрастает на такую величину, на которую увеличивается участие березы. Этот факт наводит на мысль о том, что сосна;

в том или ином возрасте может образовывать насаждения определенной максимальной густоты, независимо от лесорастительных условий. Улучшение последних использует береза.

В пределах одного и того же типа леса средняя высота смешанных молодняков увеличивается с возрастом сильнее, чем показано в таблицах хода роста нормальных насаждений, в связи с чем класс бонитета с возрастом повышается. В лучших условиях это повышение более выражено, чем в насаждениях с мелкими почвами, где нормальному росту в высоту препятствует близко расположенная к дневной поверхности горная порода. На изменение с возрастом класса бонитета указывали многие исследователи ([14], [7], [9] и др.). В связи с этим К. Е. Никитин [10] дополнил общепонятную таблицу М. М. Орлова двумя дополнительными шкалами — для насаждений с возрастающей интенсивностью роста и с быстрым ростом в молодом возрасте. Однако смешанные молодняки не укладываются и в эти шкалы. В табл. 2 указан класс бонитета, определенный по бонитировочной таблице В. И. Левина, которая хорошо отражает рост в высоту изучаемых насаждений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Д. Абатуров. Краткая характеристика почв основных типов леса Ильменского заповедника. Труды института биологии УФАН СССР, вып. 25, ч. II, Свердловск, 1961. [2]. С. С. Жариков. Климат района Ильменского заповедника и сопредельных пространств Южного Урала. Труды Ильменского заповедника им. В. И. Ленина, вып. VII, 1959. [3]. В. К. Захаров, О. А. Грулень. Ход роста и товарность молодняков сосны в типе леса сосняк-брусничник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1960. [4]. Б. П. Колесников. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области. Труды Института биологии УФАН СССР, вып. 26, Свердловск, 1961. [5]. В. И. Левин. Ход роста полных и разновозрастных сосновых древостоев Архангельской области по классам бонитета. Труды АЛТИ, вып. XIV, 1954. [6]. В. И. Левин. Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области. АЛТИ, Архангельское книжное изд-во, 1959. [7]. В. С. Мирошников. Некоторые особенности роста смешанных сосново-березовых насаждений. Сборник научных работ БЛТИ, вып. IX, 1958. [8]. Ф. П. Монсеенко. В. Д. Арещенко. О методике составления таблиц хода роста. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961. [9]. В. Г. Нечистик. Ход роста сосновых молодняков-брусничников. Сб. «Пути повышения продуктивности лесов Брянской области», 1959. [10]. К. Е. Никитин. К вопросу бонитирования насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959. [11]. Л. Н. Огурцов. Географический очерк Ильменских гор. Автореферат диссертации, Ленинградский университет, 1949. [12]. Н. П. Поликарпов. Формирование сосновых молодняков на концентрированных вырубках. Изд. АН СССР, М., 1962. [13]. Ю. Н. Савич. К методике построения таблиц хода роста насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [14]. Б. Н. Тихомиров. Вопросы лесной таксации. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1949. [15]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. Изд. 2, Сельхозгиз, М.-Л., 1931. [16]. Е. М. Фильрозе. Типы лесов Ильменского заповедника и их динамика. Труды лесного хозяйства Западной Сибири, т. IV, 1958.

Поступила в редакцию  
7 января 1963 г.

## О РУБКАХ УХОДА В ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ, СОЗДАНЫХ ГНЕЗДОВЫМ СПОСОБОМ

**В. А. БОДРОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**С. В. ЯРОШЕНКО**

Аспирант

(Украинская сельскохозяйственная академия)

После наступления полной сомкнутости молодняки вступают в период чащи, который гарантирует только что образовавшемуся насаждению полное изгнание сорняков и окончательное овладение занятой территории.

Это закрепление территории за лесной растительностью в особенности затруднено на степных почвах, тем более при создании насаждений в виде узких лесных полос, при самых неблагоприятных границах с растянутыми опушками. Поэтому полосы очень часто, еще в молодом возрасте, расстроены, имеют окна, почва задернена; применяющиеся здесь в этом возрасте прочистки часто приводят к окончательному распаду насаждений.

В период чащи лесные полосы, созданные гнездовым способом, имеют значительно повышенную аэродинамическую плотность. Поэтому возникает вопрос о целесообразности проведения разреживания полос на площади нескольких десятков тысяч гектаров, достигших возраста чащи.

В этом вопросе имеется мало производственного опыта и еще меньше исследовательского. Литературные данные разноречивы и мало обоснованы.

К сожалению, отдельные авторы ориентируют производителей на явно неправильные рубки ухода. Так Е. Г. Кучерявых и А. А. Лишенко\* широко рекомендуют оставлять в гнезде 4—5 дубков, мотивируя это улучшением роста дуба. Этот вывод сделан в результате ошибочного представления авторов о внутривидовой конкуренции и совершенно не обоснован данными исследований.

Несколько по-иному обстоит дело с аэродинамической эффективностью лесных полос. Естественно, что в период чащи они могут иметь повышенную плотность, а следовательно пониженную полезащитную эффективность. Стоит вопрос, можно ли, не снижая биологической устойчивости полос, рубками ухода повысить их защитные функции.

\* Рядовой и гнездовой способ образования полезащитных лесных полос. «Вісник сільськогосподарської науки» № 12, 1961.

Аспирант кафедры лесной мелиорации Украинской сельскохозяйственной академии И. В. Кондратюк в 1958 г. заложил специальные опыты в лесной полосе № 19 Львовской опытной селекционной станции Курьской области. Дуб был посажен гнездами весной 1950 г. Полоса состоит из пяти рядов гнезд дуба. В узких трехметровых междурядьях весной 1951 г. были высеяны в лунки семена клена остролистного, а в 1953 г. в широкие пятиметровые междурядья был посажен один ряд трехлетних сеянцев березы бородавчатой и вяза мелколистного. Здесь осенью 1958 г. были заложены три секции длиной по 150 м. Первая секция была контрольной, во второй проведено изреживание гнезд с оставлением 9—10 дубков, в третьей — по 5 дубков из числа лучших. Кроме этого, был вырублен весь вяз мелколистный, его поросль после рубки 1956 г. и гнезда поросли, достигшей средней высоты 3—4 м. В обеих секциях были подчищены боковые ветки — в гнездах дуба до высоты 1 м и у сопутствующих пород до 1,5 м. В нетронутой секции никаких рубок и подчисток не производили.

В секциях заложены постоянные пробные площади: № 1 — контрольная, № 2 — с оставлением 9—10 дубков в гнезде, № 3 — 5 дубков. Площадь проб — 450 м<sup>2</sup>, количество гнезд дуба на пробе — 30. Во второй секции при разреживании вырублено 37% по числу стволов дуба и 3% — по массе, в третьей секции соответственно 66 и 12%. Если учесть запас вырубленного вяза мелколистного, то в целом во второй секции выборка составит 15, а в третьей — 19,7%.

Данные обмера пробных площадей в год ухода в сентябре 1958 г. и повторного обмера в сентябре 1962 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ пробных площадей	Год учета	Среднее число дубков в гнезде		Средняя высота пяти лучших дубков в гнезде, м	Средний диаметр пяти лучших дубков в гнезде, см	Средняя высота березы, м	Средний диаметр березы, см
		до прореживания	после прореживания				
1	1958	14,9	14,9	4,46	3,74	7,2	8,0
	1962	—	13,6	6,61	5,48	9,6	13,1
2	1958	15,0	9,4	4,30	3,37	7,2	8,3
	1962	—	9,4	6,01	5,30	9,7	13,1
3	1958	15,0	5,0	4,38	3,58	7,2	8,1
	1962	—	5,0	6,00	5,30	9,6	13,7

Сухие и суховершинные стволы дуба и других пород учтены отдельно и в таблицу не включены. Дуб продолжает уживаться с березой. Благодаря ей эффективная защитная высота полосы повысилась почти на 50% и достигла 9,6—9,7 м. Наиболее рослые экземпляры березы имеют высоту 11,0—11,5 м и диаметр до 18,0 см, лучшие дубки — 8,0—8,6 м и до 8,0 см. Дуб продолжает давать интенсивный ежегодный прирост как по высоте (50—55 см), так и по диаметру (0,4 см).

Наиболее интенсивный прирост дуба в высоту был на контрольной секции (54 см в среднем за год), на второй секции он был меньше на 20, а на третьей — на 26%. Годичный прирост по диаметру увеличился только во второй секции. Это можно объяснить конкуренцией сильно разросшихся сорняков на третьей секции (табл. 2).

Естественно, что первоначальную причину снижения роста дуба надо искать в изменившихся экологических условиях разреженных секций. Сомкнутость крон, рассчитанная по проекции на горизонтальную плоскость, первоначально была 1,2. После разреживания на второй секции она снизилась до 1,0, а на третьей — до 0,9. Вместе с этим увеличилось

Таблица 2

Секция	Количество сорняков на 1 м <sup>2</sup>			
	всех видов		пырей	
	всего	в первом западном междурядии	всего	в первом западном междурядии
1	7,5	11,6	3,5	5,0
2	19,2	32,7	8,2	11,6
3	25,1	42,7	20,6	34,8

Примечание. Учет проведен в сентябре 1962 г.

число просветов, повысился размер максимальных просветов с 0,15 м<sup>2</sup> на контрольной секции до 0,70 м<sup>2</sup> во второй секции и 1,5 м<sup>2</sup> в третьей. Вопреки нашим ожиданиям прежняя сомкнутость в секции сильного изреживания восстановилась только через четыре года.

Глазомерное определение сорняков на второй год после рубки не указало на опасность их вторжения. Однако это предположение не оправдалось.

Вдоль западной опушки проходит постоянная дорога, по обочинам которой растут сорняки. Они заселили разреженные участки полос. Одновременно с этим хилые, часто этиолированные сорняки в полосах быстро оправились и стали интенсивно расти и размножаться, особенно пырей ползучий.

Разрастанию сорняков в разреженных секциях способствовал медленный прирост крон по диаметру. Здесь он был даже несколько меньше, чем в нетронутой секции. Добавочное освещение не вызвало разрастания крон. Более того, при густом стоянии, даже с перекрытыми кронами боковые ветви продолжали интенсивно расти.

В результате созданных разреживанием новых экологических условий, менее благоприятных для лесных пород и более отвечающих требованиям сорной растительности, последняя стала быстро расселяться (табл. 2).

На контрольной секции сорняки истощены и при беглом осмотре их можно не заметить (рис. 1). В разреженных же участках они сильно разрослись, стали мощнее и восстановили свою генеративную способность (рис. 2). Меньше всего их в первом междурядии с восточной опушки, больше — в центральных и всего больше — в крайнем западном междурядии. Сорняки наступали с запада.

Решающую роль сыграл очаг сорняков на западной опушке. Значительно также значительное опаздывание подавления сорной растительности сомкнувшимся пологом. К концу вегетационного периода 1962 г. сомкнутость полностью восстановилась даже в третьей секции, а во второй была больше первоначальной на 16%, и все же сорняки остались.

Наши опыты показали, с какой осторожностью мы должны подходить к разреживанию насаждений в возрасте чащи.

Основной целью разреживания лесной полосы было, как указано выше, получение продуваемой конструкции. В результате аэродинамическая тень в зоне 20 Н увеличивалась на 12% и была близка к таковой в полосах обычных продуваемых конструкций. Следует указать на то, что количество просветов в полосе на высоте 1—3 м после разреживания было всего 5—6%, а не 20—30%, как рекомендуют некоторые авторы. Разреживать лесные полосы молодого возраста можно только в виде исключения, при наличии явного вреда от зимних сугробов.





Рис. 1.



Рис. 2.

При этом должны быть соблюдены следующие условия.

1. Сорняки на опушках необходимо уничтожить полностью.
2. Сомкнутость крон, полученная в результате разреживания, должна быть не меньше 0,9, а максимальные просветы в кронах не больше  $1,5 \text{ м}^2$ .

3. Предельная норма оставления лучших дубков в гнезде не должна быть менее 5, при условии если они достигли средней высоты 4 м и имеют вполне здоровые, развитые кроны.

4. Полосы не должны быть засорены сорняками. Даже слабо развитый пырей (при среднем количестве свыше 3 экземпляров на 1 м<sup>2</sup> и во всех очагах) необходимо уничтожить путем глубокого рыхления или при помощи гербицидов.

Эти выводы относятся к лесостепной зоне и должны рассматриваться как предварительные, поскольку исследования не закончены.

---

Поступила в редакцию  
14 марта 1963 г.

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ ПРИРОСТА ЕЛИ В ЛИСТВЕННО-ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ, ОБРАБОТАННЫХ ПРОИЗВОДНЫМИ 2,4, 5-Т и 2,4-Д

**А. Н. МАРТЫНОВ**

Младший научный сотрудник

**И. В. ШУТОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

В условиях таежной зоны возобновление леса на сплошных вырубках с достаточно богатыми дренированными почвами происходит, как правило, со сменой ели и сосны осиной, березой и серой ольхой. В результате более быстрого роста лиственных пород мелкий подрост, самосев и культуры ели не выходят в первый ярус вплоть до времени главной рубки [4], [5]. Даже интенсивные прочистки, при которых сомкнутость лиственного полога снижается вдвое, не могут обеспечить преобладания ели в составе древостоя [3], [4]. Удовлетворительные результаты может дать лишь регулярное повторение рубок ухода со снижением сомкнутости лиственных пород (в конечном итоге) до 0,2—0,3. Однако в связи с высокой трудоемкостью обычные рубки ухода не могут получить сколько-нибудь значительного распространения в лесоизбыточных районах, особенно в лесах III группы, где получаемая при осветлениях и прочистках древесина не имеет сбыта.

В таких условиях может быть использован экономичный и непродолжительный химический метод регулирования состава смешанных молодняков. Сущность его, как известно, заключается в обработке молодняков арборицидами избирательного действия: производными 2, 4, 5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2, 4, 5-Т) и 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д). На больших участках, где имеется не менее 1,5—2,0 тыс. экземпляров на 1 га жизнеспособного подроста хвойных пород высотой 0,5 м и больше, равномерно распределенных по площади, химическую обработку рекомендуется проводить при помощи авиации [2]. На небольших площадях, а также при куртинном расположении подроста целесообразно использовать ранцевые аэрозольные генераторы [1].

В результате химической обработки изреживаются или даже полностью отмирают кроны лиственных пород без повреждения ели и сосны. Этим обеспечивается преимущество хвойных пород, а появляющаяся поросль лиственных, их самосев и корневые отпрыски играют роль подгона и заполняют прогалины. Такой метод получил положительную оценку у лесоводов США [9], [11] и Швеции [10], а в последние годы его начинают применять и в нашей стране [6], [7], [8].

Цель настоящей работы — проследить, как влияет интенсивное изреживание лиственного полога, вызванное авиаопрыскиванием производными 2, 4, 5-Т и 2, 4-Д, на прирост ели в высоту. Объектами наблюдений служили опытные участки площадью от 2 до 25 га, заложенные в древостоях различного состава и возраста и обработанные указанными веществами в период с 1953 г. по 1959 г. На пяти из них в Сиверском и Гатчинском лесхозах для детальных учетов взято по одной пробной площади размером 0,1—0,2 га. На смежных участках заложены три контрольные пробы.

Эффективность действия арборицидов на древесные породы учитывали через 1—2 года после опрыскивания. На пробных площадях производили сплошной пересчет по породам, ступеням толщины, высоте и категориям поврежденности. Характеристика опытных объектов представлена в табл. 1. Все пробные площади расположены в кисличниках и черничниках на слабо- и среднеподзолистых суглинистых почвах.

Номер пробы и ее местонахождение	Характеристика древостоя до химической обработки	Год химической обработки
1 Сиверский лесхоз, Орлинское лесничество, квартал 3	Состав 90с1Б+Е, ед. Ол. сер., С; $H_{cp}$ —7 м; сомкнутость 0,9; возраст 15 лет; класс бонитета II; подрост — ель, равномерный, 2200 экз. на 1 га, $H_{cp}$ =1,2 м, возраст 15 лет	1959
2 Сиверский лесхоз, Онцевское лесничество, квартал 5б	Состав 50с5Б+Е, Ол. сер.; $H_{cp}$ = 16 м; $D_{cp}$ = 14,5 см; сомкнутость 0,9; возраст 35 лет; класс бонитета — II; подрост — ель, равномерный, 1300 экз. на 1 га, $H_{cp}$ =1,0 м, возраст 15 лет	1958
3 Сиверский лесхоз, Онцевское лесничество, квартал 1б	Состав 50с4Б1Е, ед. С; $H_{cp}$ = 10 м; $D_{cp}$ = 9,9 см; сомкнутость 0,8; возраст 23 года; класс бонитета — II; подрост — ель, равномерный, 1100 экз. на 1 га, $H_{cp}$ = 1,3 м, возраст 18 лет	1957
4 Сиверский лесхоз, Карташевское лесничество, квартал 1	Состав 10 Ол. сер. + Б, $H_{cp}$ = 6 м; сомкнутость 0,9; возраст 10 лет; класс бонитета — I; подрост — ель, равномерный, 2500 экз. на 1 га, $H_{cp}$ = 1,0 м, возраст 15 лет	1955
5 Гатчинский лесхоз, Тайцкое лесничество, квартал 112	Состав 8 Ол. сер. 2Е + Б, ед. Ос.; $H_{cp}$ = 5 м; сомкнутость 0,9; возраст 13 лет; класс бонитета — III; подрост — ель; равномерный, 2500 экз. на 1 га, $H_{cp}$ = 1,0 м, возраст 23 года	1953

Через 2—7 лет после химической обработки на пробных площадях были произведены замеры высоты ели и прироста в высоту. Последний определяли по годичным рубцам. Результаты измерений обрабатывали методом вариационной статистики. В качестве примера в табл. 2 приводим данные для пробы № 5. Средняя высота ели в год химической обработки равнялась  $0,94 \pm 0,01$  м.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что производные 2, 4, 5-Т и 2, 4-Д оказали сильное токсическое действие на лиственные породы и не повредили ель. (Исключением явились участки № 2 и 3, где преднамеренно применяли препараты в повышенных дозировках, что вызвало пожелтение незначительной части хвои и изгибание побегов у единичных крупных деревьев ели.) На всех участках у осины, березы и ольхи кроны отмерли или были сильно изрежены. У основания некоторых стволов появилась поросль. Число таких деревьев достигало 4 тыс. и более на 1 га. На некоторых участках (пробы № 1 и 3) появилось значительное количество корневых отпрысков осины.

Наиболее сильное действие на осину оказал бутитовый эфир 2, 4, 5-Т, вызвавший на пробе № 1 отмирание кроны у 83% деревьев. В более старшем древостое обработка этим препаратом дала меньший эффект, несмотря на повышенную дозировку (проба № 2); но и здесь изреживание лиственного полога было весьма значительным.

Таблица 1

Применявшийся арборицид и дозировка действующего вещества	Состояние древесных пород после химической обработки					
	порода	количество учтенных деревьев на пробе, шт.	в том числе по категориям повреждений, %			
			крона отмерла полностью	в кроне сохранились единичные живые побеги	крона изрежена	неповрежденные
Бутитовый эфир 2, 4, 5-Т, 3 кг/га	Осина	631	83	17	0	0
	Береза	51	98	2	0	0
	Ель	186	0	0	0	100
Бутитовый эфир 2, 4, 5-Т, 6 кг/га	Осина	129	54	29	17	0
	Береза	124	99	0	1	0
	Ель	101	0	0	0	100
Аминные соли 2,4-Д, 9 кг/га	Осина	176	20	56	24	0
	Береза	159	95	3	2	0
	Ель	75	0	0	0	100
Натриевая соль 2,4-Д, 2,2 кг/га	Ольха серая	714	64	17	19	0
	Ель	240	0	0	0	100
Натриевая соль 2,4-Д 2,5 кг/га	Ольха серая	540	89	8	2	1
	Ель	272	0	0	0	100

В результате отмирания кроны лиственных пород резко увеличилась освещенность ели. Через 1—2 года после опрыскивания прирост ели уже заметно возрос, в то время как на контрольных площадях он повысился незначительно, а в одном случае даже уменьшился. Средняя величина текущего прироста в высоту через 3—5 лет после химической обработки увеличилась в 3—4 раза.

Таблица 2

Год, за который измерен прирост	Средняя величина текущего прироста и величина ошибки, см	Показатель точности, %	Коэффициент вариации, %	Коэффициент различия приростов на пробе и в контроле	Прирост на пробе, % к контрольному участку
1952	7,6 ± 0,1	1,2	65,6	4,2 > 3	92
1953	7,5 ± 0,1	1,3	69,3	1,1 < 3	102
1954	10,5 ± 0,1	1,0	53,6	18,9 > 3	144
1955	13,5 ± 0,1	1,0	53,6	41,2 > 3	228
1956	13,8 ± 0,1	0,9	50,8	52,8 > 3	253
1957	14,9 ± 0,2	1,1	59,9	56,5 > 3	283
1958	16,7 ± 0,2	1,2	60,2	41,3 > 3	232
1959	17,2 ± 0,2	1,2	64,7	49,4 > 3	292
1960	19,4 ± 0,2	1,2	60,5	61,4 > 3	394

Чем лучше условия местопроизрастания, тем сильнее реакция ели на освещение (рис. 1). В этом можно убедиться, сравнивая изменение прироста на пробах № 2, 3 и 4 (I—II классы бонитета) и № 5 (III класс бонитета).

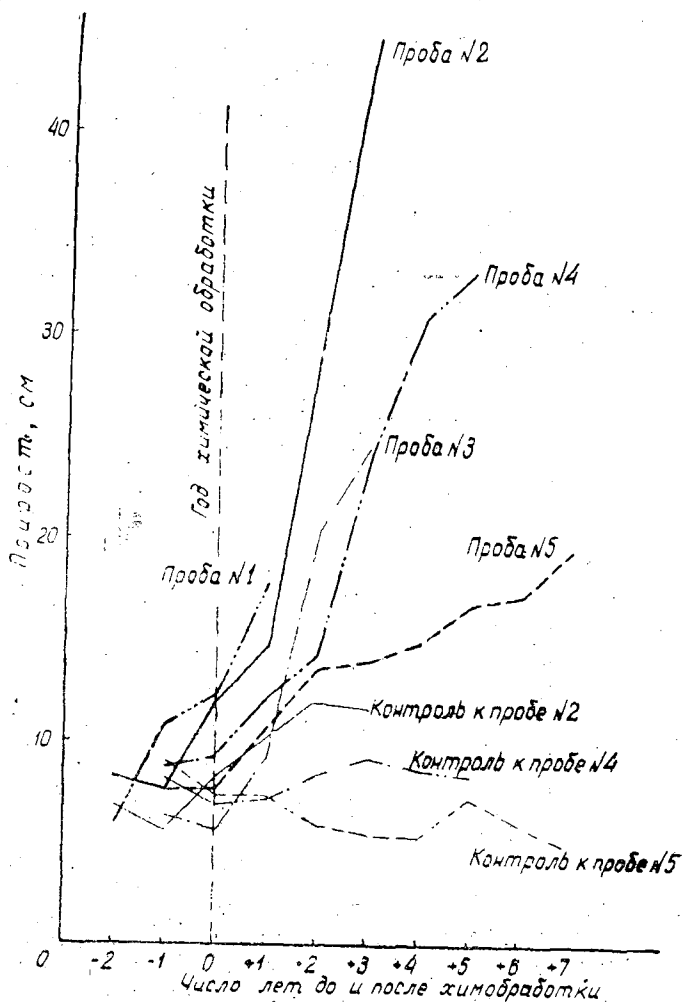


Рис. 1.

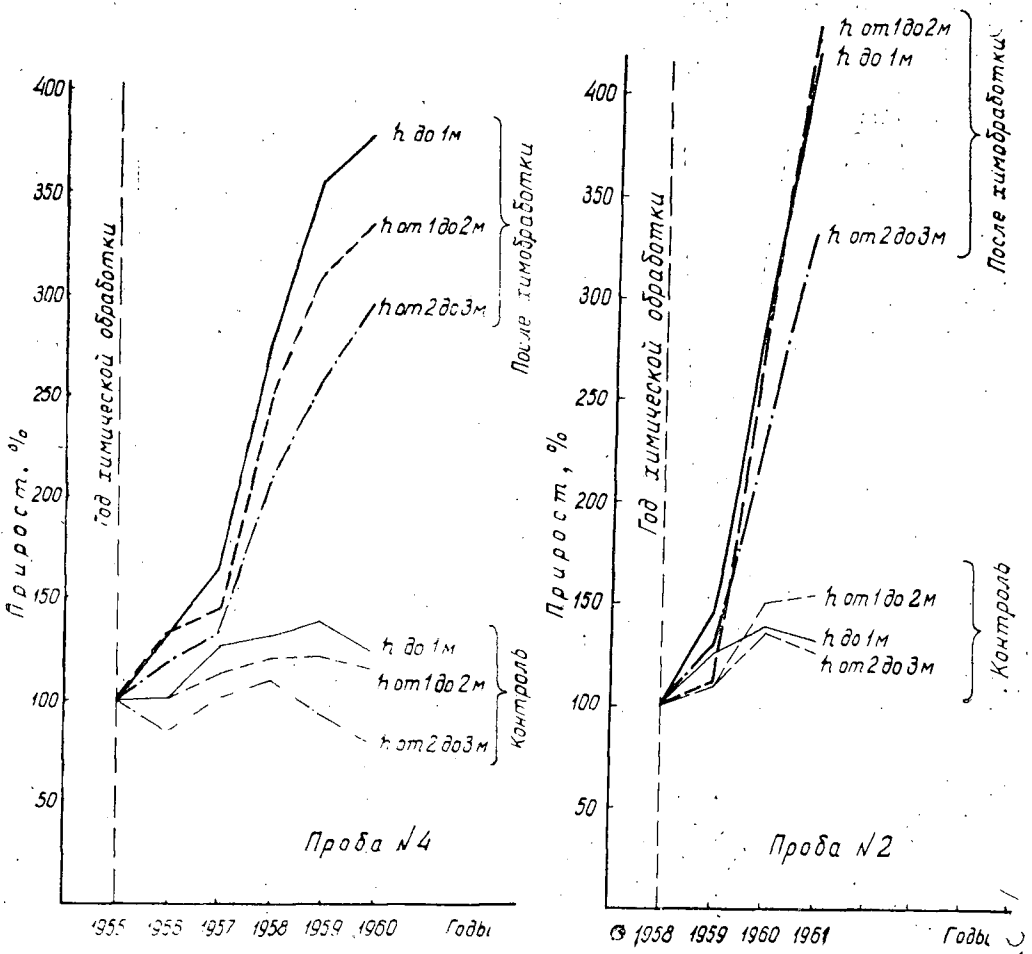


Рис. 2.

В пределах одного и того же участка абсолютная величина прироста ели больше у более высоких деревьев. Относительный прирост увеличился сильнее у более мелкого подроста. (рис. 2).

В настоящее время на всех обработанных участках формируются древостои с явным преобладанием ели, а ее прирост в высоту как в абсолютном, так и в относительном выражении, продолжает увеличиваться.

Интенсивное изреживание листового полога не вызвало ни обмерзания побегов, ни ожогов хвои ели, ни повреждения вредителями и болезнями.

В заключение отметим, что выявленное резкое увеличение прироста ели в результате авиахимического изреживания листовых пород дает основание рассматривать данный прием не только в качестве способа регулирования состава лесов, но и сокращения сроков выращивания ели.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Я. М. Величко, И. В. Шутов. Аэрозольно-химический способ ухода за смешанными молодняками. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1962. [2]. Временные технические указания по авиахимическому методу ухода за составом смешанных лесов

(молодняков). М.-Л., 1961. [3]. Н. П. Георгиевский, Е. В. Луговой, А. Г. Нефедов. Рубки ухода в лиственно-еловых молодняках. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1962. [4]. М. Н. Гордеев. Значение ухода для роста ели. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1961. [5]. Н. Е. Декатов. Возобновление ели в Дружносельском и Орлинском районах Сиверского опытного лесхоза в связи с прежним хозяйством. Труды и исследования Ленинградского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института лесного хозяйства и лесной промышленности, вып. 12, Л., 1931. [6]. Н. Е. Декатов. Химические средства борьбы с сорной растительностью в лесном хозяйстве. Гослесбумиздат, М.-Л., 1958. [7]. Л. И. Крыханов, Р. В. Ламанова. Опыт работы по уходу за хвойно-лиственными молодняками с помощью авиации и гербицидов в условиях Урала. Тезисы докладов научно-технического семинара по применению гербицидов в лесном хозяйстве, Свердловск, 1961. [8]. Ю. М. Михайлин, Л. П. Золотарева. Препарат 2,4-Д для ухода за молодняками. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1960. [9]. J. L. Agend. Airplane application of herbicides for releasing conifers. Journal of Forestry, v. 57, № 10, 1959. [10]. H. Hedlund. Bjorkdodandet. Skogen. № 9, 1953. [11]. F. A. Peevy, P. V. Burns. Effectiveness of aerial application of herbicides for hardwood control in Louisiana, Weeds, v. 7, № 4, 1959.



## РОСТ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИХ ЗАТЕНЕНИЯ В МОЛОДНЯКАХ

С. Н. БАГАЕВ

Старший научный сотрудник

(Костромская ЛОС ВНИИЛМа)

Изучение условий для роста и развития хозяйственно ценных пород при различном их затенении мягколиственными позволяет рекомендовать наиболее целесообразные способы реконструкции насаждений и ухода за ними.

В настоящее время установлено ([4], [5] и др.), что для дуба на ранних этапах развития оптимальным является всестороннее боковое затенение. В литературе имеются высказывания [1], что хвойные, например, также лучше растут в «шубе».

Для изучения данного вопроса мы проводили исследования роста и развития сосны, ели, дуба и ореха маньчжурского в Костромской области.

Объектом для исследования хвойных явились молодняки, сформировавшиеся на прогалине, вышедшей из-под временного сельскохозяйственного пользования. Состав насаждения 6Б2Ос1С1Е+Ив.б, средняя высота 7 м, диаметр 6 см, возраст 15 лет, полнота 1,0. Сосна была посажена в плужные борозды в 1946 г. Одновременно с этим в междурядьях и на пластах появился самосев ели и лиственных. В последующие годы мягколиственные породы быстро сформировали верхний полог, а хвойные находились в различных условиях затенения, преимущественно под пологом.

Исследования роста дуба проводили в культурах, созданных квадратно-гнездовым способом в 1951 г., на открытом участке со сплошной обработкой почвы в коридорах шириной 4 м, при высоте реконструированного молодняка 6 м, с полосной обработкой почвы.

Интродуцированный орех маньчжурский изучали в культурах 1957 г., созданных в трехметровых коридорах при высоте реконструированного молодняка 5 м, и на открытой площади.

Объекты исследования дуба и ореха маньчжурского, в отличие от хвойных, имели меньший возраст (7 и 10 лет), что позволило применить метод сравнения таксационных элементов растений, произрастающих в различных условиях затенения, только в пределах указанных пород.

Почвы на всех участках суглинистые, среднеподзолистые свежие. При сборе материалов закладывали пробные площади величиной 0,01—0,05 га в местах, где главные породы произрастали в различных условиях затенения: без затенения (полное освещение), при двухстороннем боковом затенении (в трех- и четырехметровых коридорах), все-

стороннем боковом (двух- и трехметровых окнах) и полном, под сокнувшимся пологом лиственных).

На пробах производили сплошной пересчет с измерением диаметра на высоте 10 см от поверхности почвы.

Для каждой категории определяли средний диаметр дерева, по которому в последующем брали модели из одиночно произрастающих растений. Модельные деревья брали также в двух крайних ступенях толщины и для преобладающей в верхнем пологе лиственной породы. У каждого модельного дерева учитывали возраст, измеряли диаметр в прикорневой части (на высоте 10 см), а также на середине ствола, общую высоту, протяженность кроны, ее диаметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям, прирост по высоте за последние пять лет.

Освещенность крон растений в различных условиях затенения измеряли объективным люксметром ОЛ-3 на высоте 0,3 и 1,5 м от поверхности почвы при различной облачности в разное время дня в период роста хозяйственно ценных пород.

Данные измерений приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Порода	Возраст, лет	Условия затенения	Высота, см	Протяженность кроны, %	Диаметр кроны, см	Диаметр ствола в прикорневой части, мм	Диаметр ствола на половине высоты, мм	Текущий прирост по высоте, см	Средний прирост по высоте, см
Сосна	15	Открытое	500	92	250	97	48	64	33
		Двухстороннее	484	88	195	61	33	59	32
		Всестороннее	526	85	172	78	42	69	35
Ель	15	Полное	123	72	58	11	9	4	8
		Открытое	324	98	140	64	27	42	22
		Двухстороннее	430	98	160	68	34	53	29
Дуб	10	Всестороннее	468	98	140	55	29	46	31
		Полное	41	85	40	8	5	4	3
		Открытое	73	73	42	13	—	10	7
Орех маньчжурский	15	Двухстороннее	115	58	60	15	—	15	11
		Всестороннее	160	76	90	20	—	16	16
		Полное	44	68	26	5	—	3	4
Орех маньчжурский	15	Открытое	73	76	110	22	—	13	10
		Двухстороннее	195	60	260	32	—	44	28

Хвойные породы в условиях полного освещения отличаются хорошим ростом и быстрым развитием (сосна плодоносит). Стволы плохонизируются от сучьев, сбежистые, имеют сильно развитые кроны, которые в начале жизни растений способствуют лучшему росту.

Выращивание дуба и ореха маньчжурского на открытых местах в северных районах обуславливает медленный темп роста и развития, так как их побеги в этих условиях часто и в значительной степени побиваются весенними заморозками. Воздействие прямых солнечных лучей и быстрое прогревание верхних горизонтов почвы на открытых местах способствуют раннему началу ростовых процессов кроны, что увеличивает вероятность повреждения ее заморозками.

При боковом затенении (60—80% полного освещения) все породы растут быстро. В трех-четырёхметровых коридорах высота растений больше (чем при открытом произрастании) у ели на 33%, у дуба на 58%, ореха маньчжурского — в 2,7 раза. В окнах диаметром 2—3 м показатели соответственно выше: у ели на 45%, у дуба в 2,2 раза. Текущий и средний приросты увеличиваются на 6—293%. Общая высота и прирост у сосны близки (92—97%) или несколько выше (на 5—8%) при все-



Рис. 1. Общий вид ореха маньчжурского, посаженного в 1957 г. в трехметровые коридоры. Квартал 83 Судиславского лесничества, Судиславского лесхоза, Костромской области.

стороннем боковом затенении. Хвойные в данных условиях развиваются более медленно: сосна не плодоносит, имеет менее развитую крону (69—78%), ствол из-за слабой освещенности кроны с боков (20—50%) лучше очищается от сучьев и более полнодревесен (коэффициент формы у сосны выше на 7%, у ели на 25%).

Боковое затенение («шуба») создает наиболее благоприятные условия для роста не только дуба, но и хвойных, особенно экзотов (рис. 1). Лучшему росту способствует рассеянная радиация, которая, по сообщению Л. А. Иванова [2], содержит наибольшее (до 60%) количество физиологических лучей, поглощаемых хлорофиллом. Положительное влияние оказывает также верхний полог, сглаживающий резкие колебания температуры, и повышенная влажность (60—70%) среды. Для некоторых пород (ель, дуб, орех) на успешность роста существенное влияние оказывает повреждение побегов весенними заморозками. На исследованных объектах в 1958 г. позднеосенние заморозки в начале июня у дуба повредили побеги на открытом месте в размере 46% годичного прироста, в коридорах — 4%; у ореха маньчжурского в 1959 г. соответственно 41 и 5%, в 1960 г. при полном освещении 17%, в коридорах повреждений не было или они были незначительными. Положительную роль бокового затенения в сохранении дуба и ореха маньчжурского от заморозков наблюдал в 1949 г. М. В. Колпиков [3].

Меньшая степень и вероятность повреждения древесных пород весенними заморозками в условиях бокового затенения вызываются более поздним (до десяти дней) развитием ростовых процессов в кроне растений, что имеет большое значение при выращивании технически ценных южных пород в более северных районах.

Полное затенение (до 20% освещенности открытых мест) под пологом лиственных создает неблагоприятные условия для роста и развития главных пород. Высота растений составляет 13—60%, текущий прирост 6—30%, диаметр кроны 26—58%, диаметр ствола у шейки корня 5—11% по сравнению с открытыми площадями. Слабая освещенность кроны способствует лучшей очищаемости стволов от сучьев и большей

их полнодревесности (коэффициент формы 0,62—0,82). Деревья позднее начинают рост и раньше его заканчивают, поэтому менее чувствительны к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Таким образом, условия бокового затенения являются наиболее благоприятными для роста технически ценных пород.

При создании лесных культур на вырубках и реконструкции малоценных молодняков главные породы целесообразно вводить гнездами, создавая окна диаметром 2—3 м, или коридорным способом при ширине коридоров 3—4 м.

При уходе за хвойными в лиственно-хвойных насаждениях необходимо учитывать характер распределения пород по площади: при групповом произрастании удалять лиственные вокруг биогрупп хвойных в полосе до 2 м; при равномерном распределении подроста проводить коридорный двухприемный уход с шириной коридоров, равной длине тени верхнего полога в период максимального солнцестояния, но не менее 3—4 м.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Георгиевский. Рубки ухода за лесом. М.-Л., 1957. [2]. Л. А. Иванов. Свет и влага в жизни наших древесных пород. Изд. АН СССР, V, 1946. [3]. М. В. Колпиков. Биологические особенности коридоров при рубках ухода за дубом в молодняках. Журн. «Лес и степь» № 4, 1951. [4]. В. В. Попов. Формирование широколиственных насаждений и рубки ухода. Труды госзаповедника «Тульские засеки», вып. IV, 1949. [5]. В. Н. Штурм. Различные виды ухода за культурами дуба и молодняками, получаемыми при сплошной рубке насаждений в дубравах лесостепной полосы. СПб., 1909.

Поступила в редакцию  
2 октября 1962 г.

## ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКОВ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*И. И. ГУСЕВ*

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

В жизни разновозрастного леса происходит сложный процесс. Наряду с возобновлением и ростом молодого поколения наблюдается отмирание отдельных индивидуумов. Наиболее объективные данные о динамике разновозрастного древостоя можно получить по длительным наблюдениям на одних и тех же объектах. В последнее время большая работа по повторным обследованиям разновозрастных сосняков Севера проведена В. И. Левиным [7]. В разновозрастных ельниках Севера длительных наблюдений за динамикой таксационных показателей не проводили. Поэтому подобные материалы довольно редки, а для Архангельской области, как справедливо заметил П. И. Войчаль [1], они уникальны.

Для изучения данного вопроса в 1956 г. нами, под руководством В. И. Левина, повторно обследованы пробные площади, заложенные в 1928—1929 гг. таксаторами М. В. Гудочкиным и Н. Ф. Флоровским в бассейне реки Ваги Архангельской области.

Изменение таксационных показателей разновозрастных ельников за истекшие 27—28 лет целесообразно рассмотреть отдельно по типам леса.

**Ельник-к-к с л и ч н и к.** Насаждение, в котором проведено повторное обследование, представляет большой интерес, так как оно относится к концу периода распада. К моменту повторного обследования почти все деревья старого поколения выпали (табл. 1).

Массовый отпад в виде бурелома и ветровала начался в 1936 г., когда древостой имел возраст в среднем 220 лет.

После отпада деревьев старого поколения угнетенный подрост, ранее находившийся под пологом леса, резко увеличил прирост (табл. 2).

Периодические приросты за последние 20 лет равны соответственно 61 и 55% от общей высоты и диаметра дерева, то есть больше, чем за все предшествующие 100 лет. Это общее явление для всего поколения, возникшего из подростка. Прирост данного насаждения в этом возрасте в несколько раз превышает прирост самых высокопроизводительных древостоев опытных таблиц проф. А. В. Тюрина [9]. Таким образом, угнетенный подрост в случае осветления значительно увеличивает прирост и надежно гарантирует восстановление распадающихся древостоев.

**Ельник-черничник свежий.** Исследуемое насаждение относится к разновозрастным с невыраженными возрастными поколениями [3]. Состав древостоя за 27 лет значительно изменился: доля запаса ели уменьшилась с 76 до 58%, соответственно увеличился запас березы и

Таблица 1

Год обследования № пробы	Состав	Порода	Возраст, лет	Средние		Число деревьев на 1 га	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га
				высота, м	диаметр, см			
Ельник-кисличник								
1928 16	10Е, ед. Б	Е	214 (144—265)	23,9	25,6	506	26,0	289
1956 16*	10Е, ед. Б	Б	60—160	18,0	26,9	14	0,8	6
		Е		13,0	12,5	1104	13,75	91
		Б		10,0	9,8	98	0,73	4
		Е	270	22,0	25,5	14	0,72	8
Ельник-черничник свежий								
1929 12	8Е1Б1Ос	Е	160	18,9	19,9	708	21,9	228
		Б		17,0	15,7	248	4,8	36
		Ос		24,5	30,4	44	3,2	35
1956 12	6Е2Б2Ос	Е	167	19,4	20,4	418	13,70	144
		Б	150	19,0	19,8	192	5,89	49
		Ос		25,2	39,4	42	5,13	57
Ельник-черничник влажный								
1929 11	9Е1Б	Е	160	20,0	20,9	758	26,04	242
		Б		19,5	21,0	78	2,69	26
1956 11	9Е1Б	Е	185	20,5	21,6	604	22,02	207
		Б		21,2	23,7	64	2,81	28
1928 9	10Е+Б	Е	182	21,2	23,0	734	30,36	295
		Б		20,2	20,2	38	1,23	10
1956 9	10Е+Б	Е	222	20,9	22,7	558	22,52	247
		Б		21,8	25,0	32	1,57	13
Ельник-долгомошник								
1928 10	10Е, ед. Б	Е	207	13,5	12,5	1918	23,56	174
		Б		15,0	18,1	29	0,74	5
1954 10	10Е, ед. Б	Е	246	14,5	15,0	1190	20,32	162
		Б		15,5	18,4	21	0,56	3
1928 13	9Е1Б	Е	220	15,5	15,2	1114	20,22	164
		Б	(148+228**)	14,4	17,8	82	2,03	15
1956 13	9Е1Б	Е	167	16,2	16,3	1070	22,30	186
		Б	(149+230**)	15,3	20,7	82	2,75	21
1928 10-а	9Е1С+Б, ед. Ос	Е	150	15,4	15,8	1060	20,60	170
		С	(174+111**)	22,0	44,6	14	2,18	23
		Ос		—	42,0	4	0,57	5
		Б		15,8	15,7	24	0,47	4
1956 10-а	9Е1С+Б, ед. Ос	Е	199	15,7	16,4	1000	21,06	176
		С	(208+107**)	22,0	44,7	12	1,88	22
		Ос		—	40,7	2	0,13	3
		Б		17,0	18,6	18	0,49	4

\* На пробе имеется самосев в количестве 8 тыс. шт. на 1 га.

\*\* В скобках показан возраст отдельных поколений ели.

Таблица 2

Возраст, лет	20	40	60	70	80	90	100	110	120
Высота, м	0,4	0,9	1,3	2,0	2,8	3,9	4,9	7,7	12,4
Диаметр на высоте 1,3 м, см	—	—	—	1,7	3,0	4,1	5,7	9,7	12,4

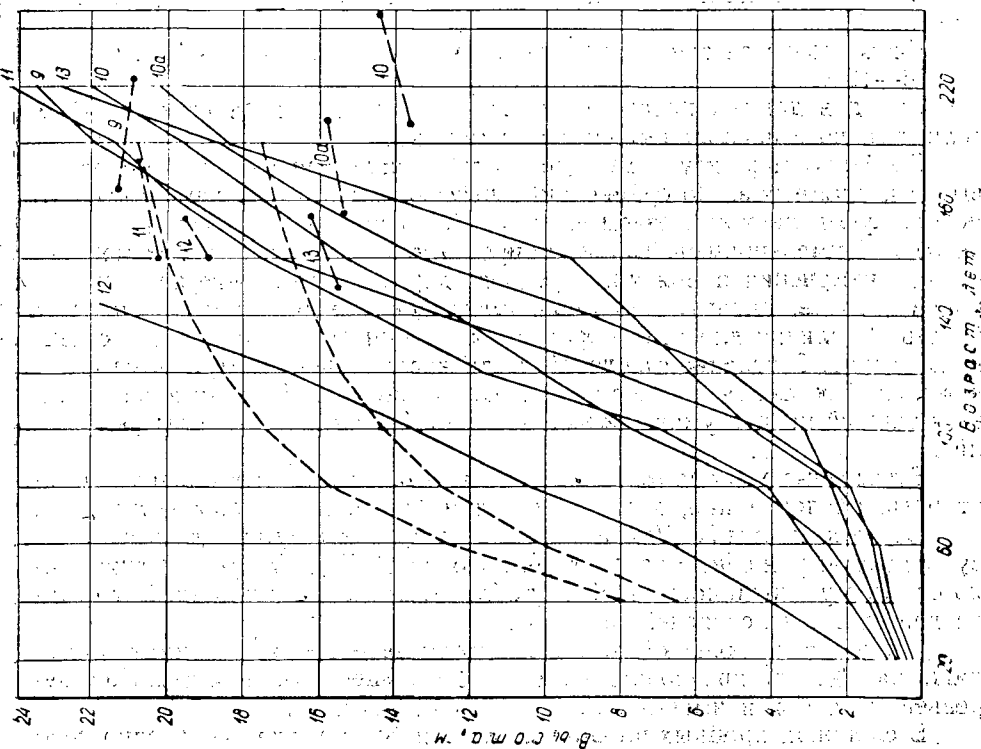
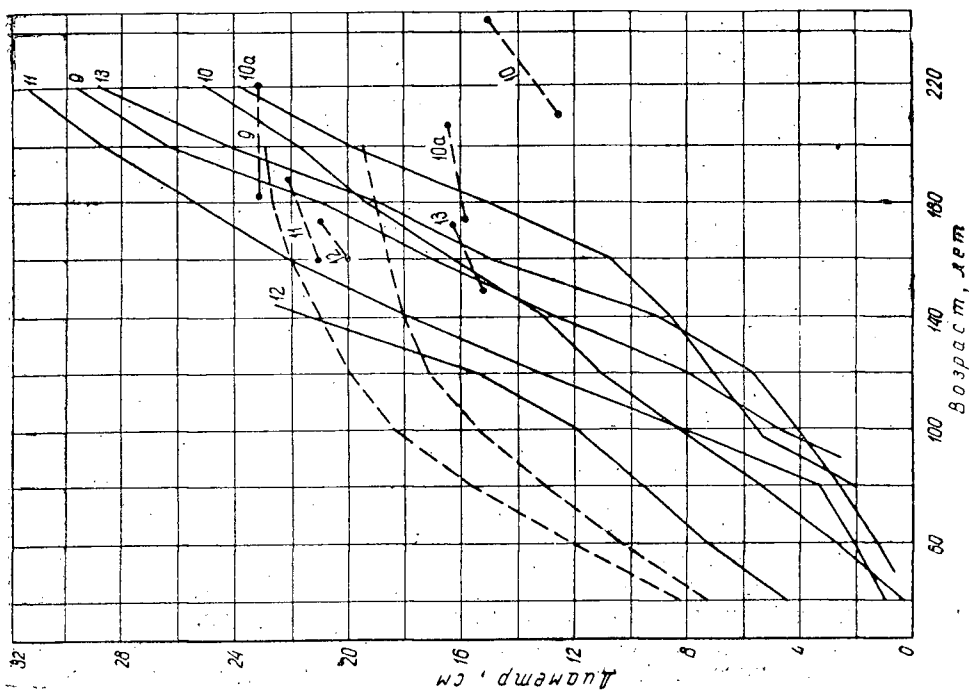


Рис. 1. Изменение высот и диаметров с возрастом. Сплошные линии — толстостебельные ельняки; пунктирные — одновозрастные ельняки IV и V классов бонитета по опытным таблицам хода роста [6]. Цифрами обозначены номера пробных площадей.

осины (табл. 1). Число деревьев ели сократилось на 41%. Береза и осина оказались более устойчивыми.

Вследствие большого отпада ели запасы ее за 27 лет сократились на 37%. Запас березы и осины увеличился на 50%, а общий запас сократился на 16%.

Лиственные породы значительно увеличили средние диаметры. Периодический прирост по диаметру за 27 лет у березы составил 4,1 см, у осины 9,0 см, у ели только 0,5 см. Приращение средней высоты ели за этот же период составило 0,5 м. Однако действительный прирост деревьев ели как по диаметру, так и по высоте за последние годы значительно выше (рис. 1). Такое несоответствие может быть объяснено отпадом. В разновозрастных древостоях наряду с тонкомерными и средномерными отпадает много толстомерных деревьев, имеющих, как правило, более высокий возраст.

Кроме того, в разновозрастных древостоях тонкомерные ступени все время пополняются новыми деревьями, перешедшими из подроста. Вследствие этого средние диаметры и высоты изменяются медленнее по сравнению с действительным ростом, а количество отпавших деревьев получается несколько заниженным.

Говоря о высоком проценте отпада ели на пробе, надо признать, что к западной части пробы примыкает лесосека 1938 г. размером  $50 \times 100$  м. Это в какой-то степени повлияло на отпад ели.

Ельничек-черничник влажный. Исследуемые ельнички характеризуются значительной разновозрастностью. Амплитуда колебаний возраста деревьев составляет 120 лет. Они относятся к древостоям с невыраженными возрастными поколениями [3].

В насаждениях имеется небольшая примесь березы, участие которой почти не изменилось, хотя на пробах идет распад древостоя (табл. 1).

Число деревьев ели на пробах уменьшилось на 20—24%, а березы на 16—18%.

Отпад в данных насаждениях слагался из деревьев всех ступеней толщины, но с преобладанием толстомерных.

Особенностью изучаемых древостоев является изменение средних высот и диаметров. По сравнению с действительным они изменились на небольшую величину, причем на пробе № 11 они увеличились, а на пробе № 9 — уменьшились. Такой «прирост» является результатом механического изменения положения среднего дерева вследствие перегруппировки стволов. Значительно увеличились средние диаметры и высоты у березы. Различия для этих пород объясняются особенностью естественного отпада. В отличие от еловой части насаждения отпад березы складывался в основном за счет тонкомерных стволов. Поэтому запасы ели за истекший период уменьшились на 15—16%, а запасы березы увеличились на 8—30%.

Ельничко-долгомошник. Насаждения, в которых проведены повторные обследования, характеризуются большой разновозрастностью.

Ельнички пробы № 10 старше, чем на других пробах, здесь отсутствуют ясно выраженные возрастные поколения. В этом насаждении число стволов уменьшилось на 38% (табл. 1). Это произошло за счет отпада деревьев всех ступеней толщины.

Несмотря на большой отпад по числу деревьев запас уменьшился лишь на 7%. Это произошло вследствие хорошего роста оставшихся деревьев, хотя они и имеют большой возраст (рис. 1).

В ельничках пробных площадей № 13 и № 10а, где достаточно ясно выражены два возрастных поколения, число деревьев сократилось лишь



на 4—6%, а запасы даже увеличились. Здесь, наряду с отпадом, произошло более интенсивное пополнение древостоя за счет подроста. Кроме того, данные насаждения имеют более развитое молодое поколение.

Средние высоты и диаметры в разновозрастных ельниках изменяются далеко не в соответствии с ходом роста отдельных деревьев. Следовательно, по модельным деревьям, в отличие от одновозрастных ельников [2], [4], [5], нельзя судить о динамике средних высот и диаметров. С другой стороны, в разновозрастных ельниках средние высоты и диаметры с возрастом нередко изменяются в соответствии с данными опытных таблиц (рис. 1).

Анализ хода роста модельных деревьев показывают, что для разновозрастных ельников характерен замедленный рост в молодости и более ускоренный в высоком возрасте. Нередко ель «сидит» под пологом сомкнутого древостоя до 80—100 лет, достигая размера 3—5 м, но после разреживания резко увеличивает прирост. Деревья, как известно, на различных стадиях требуют определенных условий внешней среды, отсутствие которых приводит к задержке в росте и развитии. «Организм, — пишет акад. Т. Д. Лысенко, — будет как бы выжидать появления нужных ему условий для прохождения данного физиологического процесса» [8]. Разреживая полог сомкнутого древостоя и изменяя световой режим, лесовод может добиться улучшения внешней среды и роста деревьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Войчаль. Предисловие к работе В. И. Левина «Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области». Архангельское книжное изд-во, 1959. [2]. И. И. Гусев. Ход роста и сортиментная структура еловых древостоев Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961. [3] И. И. Гусев. К вопросу о возрастной структуре ельников Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1962. [4]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Сб. научных работ института леса АН БССР, вып. VII, 1956. [5]. В. К. Захаров, В. Е. Ермаков. Строение и ход роста кедровых древостоев Забайкалья. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1959. [6]. В. И. Левин, И. И. Гусев. Ход роста одновозрастных ельников III, IV, V классов бонитета Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1958. [7]. В. И. Левин. Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области. Архангельск, 1959. [8]. Т. Д. Лысенко. Теоретические основы направленного изменения наследственности сельскохозяйственных растений. Газета «Известия» от 29 января 1963 г., № 24 (14187). [9]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений Сельхозгиз, М.-Л., 1930.

Поступила в редакцию  
7 февраля 1963 г.

## К ВОПРОСУ ОБ ОСУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ МЕЩЕРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

А. С. ФОРМИН

Инженер

(Криушинская производственно-показательная машинно-мелиоративная станция)

В настоящее время лесосушительные мелиорации в основном заключаются в проведении открытых осушительных каналов средней глубиной 0,8 м при среднем расстоянии между ними 200 м.

С целью проверки действия осушительных каналов на уровне грунтовых вод (в зависимости от расстояния между ними) нами, по совету лаборатории гидролесомелиорации ВНИИЛМ (кандидат технических наук В. Д. Степанов) при строительстве осушительной сети в Клепиковском лесхозе Рязанской области не были выкопаны два запроектированных канала, что дало возможность получить два участка с расстоянием между осушителями 400 м вместо проектных 200 м. Строительство сети было закончено весной до половодья 1959 г., а летом для наблюдения за уровнями грунтовых вод были пробурены смотровые колодцы-скважины. Закрепление стенок не производили. Створы колодцев расположены перпендикулярно к осушителям, расстояния между ними 50 м, крайние колодцы пробурены в 5 м от осушителей. Расстояние первого створа колодцев от магистрального канала равно 400 м и последующих соответственно 600 и 800 м.

Природные условия участков (по данным Агрлесопроекта) следующие. Участки расположены на травяно-сфагновом болоте переходного типа с мощностью торфа не более 1 м. Нижние слои торфа хорошо разложились, а верхние представляют собой растительную «подушку» из сфагноума, кукушкина льна, осок и других болотных трав. Торфяники подстилаются песчаными грунтами, состоящими из среднезернистого с (примесью мелкозернистого) песка, мощность которого варьирует в пределах от 7 до 10 м, пески иногда перемежаются небольшими по мощности прослойками суглинков, местами песчаные грунты выходят на дневную поверхность. Древесная растительность на песчаных возвышениях представлена сосновыми куртинами в возрасте от 20 до 40 лет, высота их колеблется от 5 до 15 м. По окраинам куртин и в пониженных местах преобладает береза в возрасте 5—15 лет, высотой 3—5 м, главным образом порослевого происхождения. В местах с наибольшим залеганием торфа древесная растительность встречается в виде единичных экземпляров (преимущественно берез) высотой не более 2,5 м. Глубина осушительных каналов на участках колеблется от 0,6 до 1 м.

Уже в первый (1959) год эпизодические наблюдения за уровнями грунтовых вод показали, что существенных различий на участках с раз-

личными расстояниями между каналами, не имеется. Уровни грунтовых вод снижались одинаково, а в условиях засушливого года в отдельных местах на участке с расстоянием 400 м оказались даже ниже уровня дна соседнего канала.

Летние замеры 1960 г. также не выявили различий в увлажнении участков и вторично показали, что в песчаных грунтах уровни грунтовых вод опускаются ниже дна осушителей.

На участке с расстоянием между каналами 400 м и мощным слоем торфа уровень воды в некоторых колодцах был выше на 3—5 см, но это может быть объяснено меньшей глубиной осушителя.

Прошедшие во второй половине лета дожди подняли уровни грунтовых вод на обоих участках. Ближе к поверхности находились грунтовые воды на торфяных почвах, но они оказались на одинаковых глубинах с контрольным участком, ограниченным каналами, проведенными через 200 м.

На основании исследований, проведенных в Лисинском учебно-опытном лесхозе, Х. А. Писарьков и П. И. Давыдов считают, что до начала вегетации растений (по Ленинградской области не позже 25 мая) должен быть обеспечен сброс избыточных вод с целью понижения уровня грунтовых вод на высоту корнеобитаемого слоя, то есть на 20—25 см.

По данным института леса АН СССР, эта величина принята для слабоброточных условий 20 см, а для застойных — 25 см и выше.

Наши исследования показывают, что произведенным осушением этот результат не достигнут. В большинстве мест, как на участке с каналами через 200 м, так и через 400 м, уровень грунтовых вод 21 мая 1960 г. колебался от 0 до 5 см. Исключение составили лишь возвышающиеся над основной территорией отдельные небольшие участки местности.

Последующие наблюдения показали, что повсеместное опускание вод на глубину 20—25 см произошло только 23 июня, то есть с опозданием на один месяц для Ленинградской области.

По наблюдениям лаборатории гидролесомелиорации ВНИИЛМ прирост леса в Московской области, относящейся (по Гейтману) к IV зоне, в 1960 г. начался 16 мая. Следовательно, в Рязанской области (V зона) на осушенном участке прирост начался с опозданием не менее чем на полтора месяца.

Более глубокого понижения (40—45 см), обеспечивающего усиленный рост насаждений, уровень грунтовых вод достиг лишь 3 июля. Следовательно, путем осушения нормальный водный режим не был создан ни к моменту основного прироста насаждений в высоту в начале вегетации, ни к последующему периоду усиленного роста.

Эффективность действия осушительных систем, особенно в сельском хозяйстве, изучают давно, и по вопросу о расстояниях между каналами и о их глубинах имеется много материалов, в основном приводящих к выводу о целесообразности осушения редкими глубокими каналами, врезаемыми дном в песчаный грунт.

Лесоосушительные мелиорации в Мещерской низменности, проведенные Западной экспедицией под руководством И. И. Жилинского в 1876—1889 гг. [1] были основаны на использовании редких (через 1 км) глубоких до 1,6 м каналов.

Исследовав в 1896 г. результаты работы И. И. Жилинского, П. И. Жудра [2] пришел к выводу, что прирост деревьев по толщине после осушения увеличился в 2,25—5 раз.

Мещерская низменность в пределах Рязанской области отличается пересеченным рельефом и резкими колебаниями глубины торфа, что препятствует использованию канавокопателей, так как на песках они не

создают нужного заложения откосов каналов, а на торфах не могут работать (тонут).

Кроме того, густая сеть мелких осушительных каналов в лесах требует больших затрат на подготовку трасс, особенно на корчевку пней и трелевку древесины.

Поэтому применение канавокопателей и использование технико-экономического метода осушения, предложенного Е. Д. Сабо [4], на торфяных и песчаных почвопрунтах Мещерской низменности исключается.

Наиболее надежным механизмом являются экскаваторы болотной модификации типов Э-352, ТЭ-2М, ТЭ-3 и подобные им. Они выполняют самые трудоемкие в осушительной мелиорации землеройные работы. Поэтому повышение производительности экскаваторов является основным в обеспечении выполнения лесоосушительных работ и в снижении их стоимости на единицу площади.

Не вдаваясь в глубокие и сложные перерасчеты проектов, можно примерно определить снижение затрат по Белоборскому и Хворостовскому лесничествам Кривушинского лесхоза Рязанского управления лесного хозяйства и охраны леса.

Увеличение расстояний между каналами в 2,5 раза (до 500 м) с целью деления квартала, где это возможно, на две части, с учетом увеличения ширины трасс под более глубокие каналы уменьшит объем трассоподготовительных работ примерно в два раза.

Увеличение средней глубины каналов от 0,8 до 1,5 м почти не вызовет повышения объема земляных работ.

Производительность экскаваторов, в связи с увеличением объема выемки на 1 пог. м осушительной сети, повысится в среднем в 1,3 раза. При уменьшении холостых перегонов, весьма значительных при густой сети каналов, экономия окажется значительно выше, что приведет к снижению затрат на лесоосушительные работы примерно в 1,4 раза.

Глубокие каналы на торфяных почвах, врезанные в минеральный прунт, будут препятствием для распространения пожаров в засушливые годы, а вынутый из них грунт позволяет строить дороги, в которых остро нуждается заболоченная лесная Мещера.

Глубокие каналы значительно большее время сохраняются и оказывают более длительное осушающее действие по сравнению с быстро растающими и деформирующимися мелкими каналами.

Эффективность осушения заболоченных лесных площадей редкими глубокими каналами исследована пока недостаточно; необходимо провести исследовательские работы с целью более широкого внедрения этого метода в практику лесосоосушения там, где позволяет наличие водоприемников.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Жилинский. Очерк работ западной экспедиции по осушению болот 1873—1889 гг. СПб., 1893. [2]. П. И. Жудра. Об осушительных работах в центральных губерниях и о влиянии канализации на лесную растительность. «Лесной журнал», вып. 1, 1896. [3]. Х. А. Писарьков, П. И. Давыдов. Влияние грунтовых вод на производительность лесных земель. Труды Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С. М. Кирова, вып. 73, 1956. [4]. Е. Д. Сабо. Интенсивность осушения заболоченных земель. В книге «Новые лесоводственные исследования», Изд. АН СССР, 1960.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ УФИМСКОГО ПЛАТО

*И. И. ЛЕВИЦКИЙ*

Кандидат сельскохозяйственных наук

*А. В. ПИСЬМЕРОВ*

Младший научный сотрудник

(Башкирская ЛОС)

Елово-пихтовые леса Уфимского плато занимают площадь около 600 тыс. га и сосредоточены в северо-восточной части Башкирии. Этот своеобразный, географически изолированный темнохвойный массив с примесью широколиственных формаций образовался в условиях резко расчлененного волнисто-увалистого рельефа на относительно приподнятой территории. Абсолютные отметки плато варьируют от 300 до 500 м над уровнем моря. Формирование резко расчлененного рельефа обусловлено тем, что Уфимское плато сложено мощной толщей известняков и известняковых доломитов, в процессе выщелачивания которых образовались вначале карстовые воронки, а затем лога с крутыми склонами, с устойчивыми к размыву коренными породами.

Резко расчлененный рельеф Уфимского плато создает большое разнообразие микро- и мезоклимата, что, в свою очередь, оказывает влияние на формирование типов леса. Поэтому ведущим признаком в определении последних взято геоморфологическое строение территории, с которым связаны другие факторы среды — плодородие и гидротермический режим почв, характер микроклимата. Отметим, что существенным моментом в формировании типов леса здесь служит смешение флоры темнохвойных и широколиственных лесов, находящихся на крайних границах своих ареалов.

В конечном итоге генетический ряд типов леса в этих условиях строится по степени доминирования широколиственной ассоциации в составе елово-пихтового леса.

На основании наших исследований выделены коренные типы елово-пихтового леса на Уфимском плато, краткая характеристика которых приводится в табл. 1.

Основным моментом, определяющим состав, форму и размещение пород по площади типов елово-пихтового леса на Уфимском плато, является горный рельеф, от которого зависит характер микро- и мезоклимата, плодородие почв и их водный режим. В связи с этим в условиях стыка ареалов распространения темнохвойных и широколиственных лесов наблюдается вертикальная зональность, вызываемая инверсиями температур, что, в свою очередь, ведет к четкому разграничению типов

Тип леса	Процент занимаемой территории	Местоположение и рельеф	Тип почвы и характер увлажнения	Таксационные	
				ярус	состав
Ельник-лог	10	Дно логов 1-го порядка	Аллювиальные (долинные) тяжелосуглинистые с признаками заболачивания; влажные — периодически сырые	I II	8Е2Б 8Е1П1Б
Ельник хвощовый	5	Нижние части пологих северных склонов	Светло-серые оподзоленные тяжелосуглинистые, мощностью до 100 см, с незначительной примесью щебня и камней, подстилаемые глинисто-обломочными элювиально-делювиальными породами; влажные, средне дренированные	I II	8Е2П 4Е3П3Б
Ельник-кисличник	5	Крутые южные и западные склоны	Перегнойно-карбонатные тяжелосуглинистые сильно каменистые, свежие, хорошо дренированные	I II	8Е2Б 6Е2П2Б
Ельник липовый склонов	80	Верхние и средние части склонов всех экспозиций	Светло-серые оподзоленные тяжелосуглинистые, щебенчатые и каменистые от свежих до влажных на элювиально-делювиальных глинисто-обломочных породах	I II	7Е2П1Б+Лп 3Е5П1Лп1Б
Ельник липовый плато*		Выравненные возвышенные плато и вершины увалов	Светло-серые сильно оподзоленные тяжелосуглинистые, подстилаемые тяжелыми глинами, слабо дренированные от влажных до сырых	I II	5Е3П1Лп1Б+ +Ос 5П2Е3Лп+ +Б,Ос

\* В данном типе встречаются угнетенные деревья ильма и клена остролистного входят в состав I яруса елово-пихтового леса. На склонах же липа едва входит во

леса без широколиственных формаций — на дне лесов и в нижних частях склонов — и с нарастающим участием последних — по мере повышения местности и приближения к берегам рек, где температурный режим более выравнен.

Таблица 1

элементы				Живой напочвенный покров	Подлесок	Предварительное возобновление			
возраст, лет	класс бонитета	полнота	запас, м <sup>3</sup> на 1 га			благонадежный подрост, тыс. шт. на 1 га	в том числе		Оценка
							Е	П	
150 120	II —	0,2 0,4	105 160	Очень густой из широколиственной; аконит, дудник, герань, сныть, гравилат, звездчатка, копытень, медуница, вороний глаз; в окнах вейник лесной, чемерица, гравилат речной, таволга вязолистная, раковая шейка, местами зеленые мхи	Единичный из рябины, жимолости, черемухи	1,0—1,7	40	60	Удовлетворительное
Всего	II	0,6	265						
180 120	II —	0,2 0,2	150 70	Густой из широколиственной с третьим подъярусом из хвоща лесного, со значительным участием папоротника мужского, местами в окнах вейник, мхи на колодах.	Единичный из рябины и жимолости	0,8—1,1	55	45	Слабое
Всего	II	0,4	220						
150 110	I-II —	0,25 0,25	110 120	Сплошной ковер из зеленых мхов, кислица, плаун, грушанка, линнея, осока пушистая, вейник лесной	Единичный из рябины и черемухи	2,0—9,0	60	40	Хорошее
Всего	I-II	0,5	230						
150 110	II —	0,3 0,3	135 155	Густой: сныть обыкновенная, звездчатка ланцетовидная и лесная, золотая рвзга, папоротник мужской; в более влажных условиях—аконит, мульгедиум, серпуха, на освещенных местах — вейник лесной. Моховой покров слабо развит — местами зеленые мхи	Густой из липы, единично рябина	1,0—4,2	35	65	Удовлетворительное
Всего	II	0,6	290						
170 100	II-III —	0,35 0,25	200 130	Густой из сныти, аконита, серпухи, скерды, папоротника мужского, звездчатки, ясменника душистого, осоки лесной, вейника лесного; местами зеленые мхи	Средней густоты из липы, единично рябина, черемуха	0,5—1,8	30	70	Слабое
Всего	II-III	0,6	330						

третьей величины, в то время как в прибрежной полосе р. Уфы они вместе с дубом II ярус и то лишь при переходе склона в плато.

Елово-пихтовые насаждения Уфимского плато в большинстве перестойны и разновозрастны, состоят из поколений: 61—100; 101—150 и 151—240 лет. Возраст подроста от 1 до 60 лет. Это сочетание возрастов обуславливает ступенчатую ярусность насаждений (в основном 2 яруса).

Предварительное возобновление ели и пихты под пологом в большинстве случаев слабое, за исключением ельника-кисличника. Отмечается различие в поселении подроста ели и пихты — ель селится по микроповышениям, образованным сгнившими пнями, стволами и сучьями; пихта, наоборот, поселяется на ровном минеральном субстрате. Этим объясняется различное соотношение подроста ели и пихты в разных типах леса. В ельниках хвощовом и липовом, где почвы слабо дренированы и меньше микроповышений, благоприятных для поселения ели, в составе подроста преобладает пихта; в ельнике-кисличнике, а также в хвощовом больше ели, так как здесь почвы лучше дренированы и больше микроповышений. На такую закономерность указывал Я. Я. Васильев\*.

В настоящее время большинство насаждений елово-пихтовых лесов Уфимского плато пройдены концентрированными рубками, в результате которых ценные породы сменяются лиственными — березой, осиной, порослевой липой, а в прибрежной полосе р. Уфы — кленом остролистным. Такая смена требует применения особых приемов восстановления материнских пород на вырубках и реконструкции малоценных лиственных насаждений. Такими приемами могут служить создание лесных культур на вырубках до 6 лет, а на более старых, возобновившихся липой и кленом, реконструкция путем разреживания полога лиственных и введения ели. Технологические схемы разработки лесосек должны обеспечивать максимальное сохранение подроста и тонкомера ели и пихты с тем, чтобы в дальнейшем можно было путем частичных культур на волоках и в местах с малым количеством подроста обеспечить формирование хвойного леса.

---

\* Я. Я. Васильев. Взаимоотношение между пихтой и елью в Европейской части СССР. Журн. «Советская ботаника» № 2, 1935.



## РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОСЕВА СЕМЯН ЕЛИ ПО ЛИСТВЕННЫМ МОЛОДНЯКАМ В БЕКЕТОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ \*

**В. Е. КИЗЕНКОВ**

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В связи с развитием концентрированных рубок в таежной зоне смена хвойных пород лиственными приобретает все более широкие размеры. По данным Н. Е. Декатова [4], в лесах Европейского Севера эта смена происходит ежегодно на площади около 250 тыс. га. Искусственное введение хвойных в состав лиственных насаждений является одной из наиболее эффективных мер улучшения ценности и производительности лесов Севера.

К числу способов реконструкции малоценных насаждений следует отнести посев семян ели с самолета, который производили в различных районах. По данным Е. П. Сыроева [9], посев семян ели с самолета по молоднякам лиственных пород оказался значительно эффективнее, чем по невозобновившимся свежим вырубкам и гарям. По данным И. А. Григорьева, С. А. Полежаева, А. П. Пестерева [2], аэросев семян ели по 10—12-летним молоднякам в Вологодской области дал удовлетворительные результаты.

Однако многие вопросы (выбор площадей, время и норма высева семян, уход за культурами и др.) изучены недостаточно.

Вологодское управление лесной промышленности и лесного хозяйства весной 1962 г. провело аэросев семян ели по площадям, возобновившимся лиственными породами, в Вожегодском леспромхозе.

Настоящая работа является результатом обследования площади аэросева в кварталах 106, 107 и 108 Бекетовского лесничества. Господствующей породой на участке посева до рубки леса была ель. По типам леса насаждения распределялись следующим образом: ельник-черничник — 63%; ельник-травяной — 22%; ельник осоково-сфагновый — 15%.

Древесину заготавливали с 1956 г. по 1957 г.; трелевка хлыстов — тракторами КТ-12; очистка лесосек — огневая в кучах. На лесосеках обсеменителей не оставляли, однако имеются отдельные низкобонитетные недорубы с преобладанием в составе ели. На 1 га сохранилось до 1800 шт. подростов ели, крайне неравномерно (куртинами) размещенного по площади, с высотой от 0,3 до 1,2 м, средним возрастом ели 8—10 лет, удовлетворительного состояния.

\* Работа выполнена под руководством канд. сельскохозяйственных наук Ф. Б. Орлова.

Естественное возобновление в год проведения аэросева представлено березой (до 7700 шт. на 1 га высотой от 0,8 до 1,8 м), осиной (до 5300 шт. высотой от 1 до 2,5 м) и в пониженных местах ольхой (до 13000 шт.). Возраст лиственного молодняка 6—7 лет, общая сомкнутость его 0,6—0,7.

Посев производили в третьей декаде мая 1962 г. с самолета ЯК-12М семенами ели, собранными в разных лесопромхозах Вологодской области, в основном первого класса сортности. В среднем на 1 га высевали 1,6 кг семян. Семена предпосевной обработке не подвергали.

Для предварительной оценки результатов аэросева мы провели обследование в июле 1962 г.\* С этой целью равномерно на всем участке было заложено 2088 учетных площадок размером  $1 \times 2$  м каждая. Закладывали их вдоль ходовых линий, отстоящих друг от друга на 250 м; расстояния между центрами площадок — 10 м. Обследованная площадь составила 0,09% от общей площади участка, что примерно соответствует указаниям по аэросеву семян сосны и ели, высказанным Н. Е. Декатовым, Н. С. Зюзь [5].

Вся площадь участка разбита нами на три выдела, в основу которых легли бывшие типы леса.

Выдел № 1, площадь 317 га бывший тип леса — ельник-черничник. В среднем на 1 га насчитывали до 14000 деревьев березы и осины средней высотой 1,3 м и сомкнутостью крон 0,6. Почва свежая легко-суглинистая средней оподзоленности. Лесная подстилка мощностью 2—3 см, сложение рыхлое. Рельеф площади ровный. Захламленность на 210 га слабая (10—15 м<sup>3</sup>) и на 107 га — средняя (до 15—25 м<sup>3</sup> на 1 га). Количество пней на 1 га колеблется от 600 до 1000 шт. Живой напочвенный покров представлен вейником (*Calamagrostis epigeios* Roth.) — 20%, иван-чаем (*Epilobium angustifolium* L.) — 20%, хвощом лесным (*Equisetum silvaticum* L.) — 10%; из кустарничков — брусника (*Vaccinium vitis idaea* L.) и черника (*Vaccinium myrtillus* L.) сомкнутостью 0,4, редко папоротник (*Dryopteris spinulosa* O. Kunze), есть также зеленые мхи — 0,2 и кукушкин лен (*Polytrichum commune* L.) — 0,3.

Выдел № 2, площадь 107 га, бывший тип леса — ельник травяной. Молодняка лиственных пород насчитывается до 10 тыс. шт. на 1 га высотой до 1,3—1,4 м и сомкнутостью крон 0,5. Почва свежая средне-суглинистая с песчаными прослойками. Лесная подстилка слабо-разложившаяся мощностью 5—6 см, сложение плотное. Рельеф площади слегка волнистый. Захламленность аналогична выделу № 1. Количество пней на 1 га от 500 до 1000 шт. В момент обследования живой напочвенный покров состоял из вейника — 50%, герани лесной (*Geranium silvaticum* L.) — 20%, редко иван-чая, копытеня (*Asarum europaeum* L.), кислицы (*Oxalis acetosella* L.), кустарничков — черники, брусники сомкнутостью 0,2, кукушкина льна — 0,2, зеленых мхов — 0,2. Задернение почвы среднее.

Выдел № 3, площадь 75 га, бывший тип леса — ельник осоко-сфагновый. На 1 га насчитывается до 18 тыс. деревьев лиственных пород высотой до 1 м и сомкнутостью крон 0,6—0,7. Почва торфяно-подзолисто-глеевая. Подстилка из неразложившихся остатков сфагнума мощностью 10—12 см. Захламленность слабая. Рельеф площади ровный. В напочвенном покрове господствует осока (*Carex caespitosa* L.) 50%, хвощ 20%, голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) 10%, сфагнум 1,0.

В табл. 1 дано распределение всходов после аэросева по выделам.

\* В обследовании принимали участие студентки-дипломантки Архангельского лесотехнического института З. Д. Анфалова и Н. И. Филатова.

Таблица 1

№ выдела	Количество учетных площадок	Количество здоровых всходов ели, шт. на 1 га	
		M	$\pm m^*$
1	1330	9500	420
2	455	5710	480
3	303	1780	90

$$* m \text{ вычислен по формуле } m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$$

Из таблицы видно, что лучшие результаты оказались на выделе № 1, где благодаря малой мощности лесной подстилки (2—3 см) и ее рыхлому строению, а также и менее развитому живому напочвенному покрову (по сравнению с другими выделами) имелись наиболее благоприятные условия для прорастания семян и развития всходов.

Аналогичные результаты отмечает С. В. Алексеев [1] для ельников-зеленомошников Архангельской области.

На выделе № 2 значительная задернелость почвы вейником, густой разнотравный покров и плотная лесная подстилка препятствовали прорастанию семян; поэтому результаты посева оказались на 40% ниже, чем на выделе № 1.

На выделе № 3 аэросев не дал желаемого результата, так как вследствие заиспания семян в сфагновом моховом покрове (мощностью свыше 10 см) корешки проросших семян не доходили до минерального слоя почвы, и всходы прекращали развитие.

Неудовлетворительные результаты посева с самолета в сфагновых типах леса отмечали многие лесоводы ([6], [8], [10], [3] и др.).

Распределение всходов на всей площади аэросева было неравномерным, что в основном обусловлено неоднородностью лесорастительных условий. Всходы ели, как правило, расположены в местах с мало-мощной рыхлой лесной подстилкой, в прогалинах между куртинами вейника, на огнищах, около пней и на разложившемся валежнике. Особенно характерно такое распределение для выдела № 3.

Мы рассматривали также влияние на результаты посева и других факторов: состава и сомкнутости крон молодняка, количества пней на 1 га, что показано в табл. 2.

Таблица 2

№ выдела	Количество всходов ели, шт. на 1 га						
	при преобладании в составе		при сомкнутости крон			при количестве пней, шт. на 1 га	
	березы	осины	0,3 — 0,4	0,5 — 0,6	0,7 — 0,8	600 — 700	700 — 1000
1	11350	8840	9850	8980	9340	8800	10360
2	6150	4920	5220	6180	5840	5100	6740

Из таблицы видно, что в молодняках с преобладанием березы всходов ели на обоих выделах оказалось на 20—22% больше; объясняется это тем, что более плотная подстилка из опавших и еще не разложившихся кожистых листьев осины создавала худшие условия для прорастания семян, чем сильно разложившаяся подстилка из листьев березы.

Таблица показывает также, что в первый год жизни культур ели различная степень сомкнутости молодняков не оказывала влияния на результаты посева.

Наконец, из таблицы можно видеть, что с увеличением числа пней на 1 га возрастает и количество всходов ели. Это не случайно. Около пней, при слабом задернении, более рыхлой лесной подстилке и большем плодородии почвы условия для прорастания семян и развития всходов лучше. Подобные же результаты получены Н. Е. Декатовым [4] при изучении вопросов лесовозобновления в Ленинградской области.

В качественном отношении ель находится в удовлетворительном состоянии. Угнетенные всходы и сухие елочки встречались единично.

Вполне понятно, что по материалам изучения однолетних молодняков трудно дать оценку результатам работ. Для этого требуется по крайней мере двухлетний период (фаза приживаемости культур по Н. П. Кобранову [7]).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. В. Алексеев. Опыт аэросева сосны и ели. Сборник статей по лесному хозяйству, Архангельск, 1958. [2]. И. А. Григорьев, С. А. Полежаев, А. П. Пестерев. Применение аэросева в лесном хозяйстве. Л., 1959. [3]. Н. Е. Декатов. Аэросев в таежной зоне. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1955. [4] Н. Е. Декатов. Мероприятия по возобновлению леса при механизированных лесозаготовках. Гослесбумиздат, М.-Л., 1961. [5]. Н. Е. Декатов, Н. Е. Зюзь. Указание по аэросеву семян сосны и ели. Л., 1956. [6]. Л. А. Истомин. Опыт аэросева в Кировской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1952. [7]. Н. П. Кобранов. Обследование и исследование лесных культур. Труды по лесному опытному делу, вып. VIII, Л., 1930. [8]. Ф. Б. Орлов. Результаты аэросева на Тотемской гари Вологодской области. Труды Архангельского лесотехнического института, № 14, Архангельск, 1954. [9]. Е. П. Сысоев. Лесовосстановление концентрированных вырубок путем аэросева в условиях Кировской области. Киров, 1959. [10]. О. Э. Шергольд. Результаты аэросева в Коми АССР. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1954.

Поступила в редакцию  
8 апреля 1963 г.

## О РАЗУМНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛОЩАДИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

**В. Р. КАРЛИН**

Старший научный сотрудник

(Донская ЛОС)

В Ростовской области дубравы хозяйственного значения занимают 14 тыс. га, что составляет около 40% площади, занятой лесными культурами.

Объектами изучения дубрав хозяйственного значения явились густые (15—20 тыс. экз. дуба на 1 га) рядовые культуры дуба Сальского и Пролетарского (южные) и Боковского (северный) лесхозов Ростовской области (табл. 1).

В 10-летних культурах Родниковского лесничества кроны дуба черешчатого еще не сомкнулись. Поэтому в междурядьях много полыни, донника лекарственного, достигающих высоты 1,3 м. Потребуется еще не менее 10 лет, чтобы кроны сомкнулись в междурядьях. Они сильно разрослись в сучья, что свидетельствует о том, что к возрасту главной рубки в насаждениях не будет сортиментов высокого качества.

В этом же участке есть культуры дуба, расстояния между рядами которого составляют 3 м. Кустарники не были введены. В настоящее время кроны дуба полностью сомкнулись. Здесь появилась лесная обстановка. Насаждение отличается высоким запасом, равным 20 м<sup>3</sup> на 1 га. В этих культурах механизированный уход в междурядьях прекращен три года назад.

Стоимость однократного механизированного ухода (культивация) колебалась от 0,7 до 1 руб. на 1 га (берется только зарплата механизаторам).

Лесхозы проводят трехкратный механизированный уход. Следовательно, стоимость 1 га колеблется в пределах 2,1—3 руб. в год. Культуры с трехметровыми расстояниями между рядами дуба смыкаются в возрасте 6—7 лет. В культурах, имеющих расстояние 6 м между рядами дуба, механизированный уход продолжается до 10-летнего возраста и дальше. Стоимость 1 га ухода во втором случае по сравнению с первым за три года увеличивается на 6—9 руб.

В густых культурах с трехметровыми расстояниями запас древесины дуба в десятилетнем возрасте составляет около 20 м<sup>3</sup> на 1 га, а с шестиметровыми — 5—10 м<sup>3</sup>. В первом случае при рубках ухода выбирают до 50% запаса, то есть 8—10 м<sup>3</sup>, а во втором — 2—3 м<sup>3</sup>. Следует помнить, что дубравы хозяйственного значения находятся в безлесных районах. Поэтому древесина, полученная при рубках ухода, находит широкое применение не только как топливо, но употребляется и как деше-

Лесхоз	Лесничество или участок	№ пробной площади	Рельеф	Почвы	Ширина междурядий, м	Схема смещения пород	Уходы за культурами
Сальский	—	6	Равнинный	Темно-каштановые суглинистые, уровень грунтовых вод 6 м	1,5	Д-К-Д	Прекращен
"	—	7	"	"	"	"	Прекращен
"	Манычское	8	"	Южный маломощный чернозем	3	Д-Яс.з. + К-Д	Прекращен
Боковский	Астаховский	1	Волнистый	Суглинистый маломощный южный чернозем, уровень грунтовых вод на глубине до 30 м	1,5	Д-Ак.ж-Яс.з-Ак.ж-Д	До ввода сопутствующих междурядий перепахивали 2 раза на 30 см и проводили ежегодную культивацию
"	"	2	"	"	"	"	Ежегодная культивация
Пролетарский	Родниковское	3	Равнинный с уклоном на юго-запад	Южный чернозем средней мощности, уровень грунтовых вод на глубине 30 м	1,5	Д-К-Д.кр.-К-Д	Уход продолжается
"	"	1	"	"	2	Д-К-К-Д	Скумния вырублена в 1959 и 1962 гг.
"	"	2	"	"	"	"	Скумния вырублена в 1962 г.

Примечание. Для кустарников показано число кустов.

Таблица 1

Порода	Год посева или посадки	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число деревьев на 1 га	Сумма площадей о-нований, м <sup>2</sup>	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Текущий прирост по высоте за 1960 г., см	Сумма проекций крон, м <sup>2</sup>
Дуб	1953	8	2,4	1,9	14070	4,00	11,6	36	7130
Скумпия	1958	3	1,8	1,7	1250	0,74	—	—	1670
Свидина	.	3	1,6	1,4	320	0,15	—	—	660
Итого		—	—	—	15640	4,89	11,6	—	9460
Дуб	1953	8	2,1	1,7	13640	3,00	8,4	30	6700
Акация желтая	1958	3	1,4	1,1	1200	1,44	—	—	750
Итого		—	—	—	14840	4,44	8,4	—	7450
Дуб	1952	10	3,1	2,3	18160	7,440	21,5	—	16200
Ясень зеленый	1956	5	2,6	2,2	400	0,152	—	—	460
Скумпия	"	5	1,4	1,7	200	0,045	—	—	170
Жимолость татарская	.	5	1,5	1,3	460	0,061	—	—	600
Итого		—	—	—	19220	7,698	21,5	—	17430
Дуб	1952	9	2,4	2,0	13300	3,91	—	19	—
Ясень зеленый	1956	5	2,3	1,7	920	0,22	—	33	—
Акация желтая	"	5	1,7	0,7	2000	0,03	—	—	—
Итого		—	—	—	16220	4,21	—	—	—
Дуб	1952	9	1,8	1,0	13730	1,17	—	11	—
Ясень зеленый	"	9	2,6	1,9	1130	0,34	—	38	—
Акация желтая	"	9	1,8	0,7	8130	0,35	—	—	—
Итого		—	—	—	22990	1,86	—	—	—
Дуб черешчатый	1952	10	4,3	3,8	3420	3,874	11,0	42	—
Дуб красный	1955	6	1,3	0,8	720	0,035	—	—	—
Бересклет европейский	"	6	1,5	0,7	440	—	—	—	—
Скумпия	.	6	1,9	1,0	800	—	—	—	—
Итого		—	—	—	4980	3,909	11,0	—	—
Дуб	1958	5	1,4	1,1*	15000	1,374	—	35	4640
Скумпия	"	5	1,5	—	—	—	—	—	—
Дуб	.	5	1,0	1,0*	500	0,797	—	25	2140
Скумпия	"	5	1,8	—	—	—	—	—	—

\* Измерение производили на высоте 0,5 м.

вый местный материал для строительства животноводческих помещений.

Таким образом, наиболее распространенная на Дону схема смешения пород Д—К—С—К—Д с шестиметровыми междурядьями между рядами дуба не позволяет с максимальной выгодой использовать каждый гектар земли и получать высококачественную древесину с наименьшими затратами. Наиболее эффективными как с лесоводственной, так и с экономической стороны, оказались пустые культуры дуба (15—20 тыс. экз. на 1 га) с трехметровыми междурядьями. Такие междурядья позволяют проводить механизированный уход за почвой в течение всей жизни насаждения, в случае возникновения необходимости (например, при повторении нескольких засушливых лет). Кроме этого, при массовом появлении вредителей здесь можно применить наземные опыливатели и опрыскиватели на тракторной тяге.

Поступила в редакцию  
29 октября 1962 г.



К ВОПРОСУ О ЗАРАЖЕННОСТИ НАСАЖДЕНИЙ  
БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ СОСНОВОЙ ГУБКой

Н. И. ФЕДОРОВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский технологический институт)

В Беловежской пушке наиболее распространены сосновые насаждения, занимающие более половины лесопокрывтой площади заповедно-охотничьего хозяйства. Проводимый в течение длительного времени режим заповедности наложил резкий отпечаток на их возрастную структуру. По данным лесоустройства 1950—1952 гг., спелые и перестойные насаждения занимают 55% площади сосняков. Большой возраст древостоев приводит к значительной зараженности их грибными болезнями. Наибольшее распространение получила сосновая губка (*Phellinus pini* Rill.), вызывающая центральную гниль стволов.

Изучением фауны сосновых насаждений Беловежской пушки в свое время занимались М. К. Турский, Н. Г. Дорогин [5], В. К. Захаров [6] и др.

Мы провели рекогносцировочное обследование насаждений на площади 8960 га по таксационным визирам, квартальным просекам, лесным дорогам и тропам.

В участках сосновых насаждений с зараженностью свыше 5% было заложено 56 пробных площадей (размером 0,3—0,5 га). Кроме того, были проведены ленточные перечеты общей протяженностью 8,5 км (ширина ленты 10 м). Собранный материал позволил проследить изменение зараженности в зависимости от возраста, условий произрастания, положения дерева в насаждении и других признаков.

Исследования показали, что заражение сосняков Беловежской пушки грибом *Phellinus pini* происходит в возрасте 40—50 лет.

Сосновая губка, являясь узкоспециализированным паразитом, может развиваться в основном на ядровой древесине. Е. В. Алексеев [1], исследовавший процесс ядрообразования у сосны Беловежской пушки, установил, что интенсивное ядрообразование у нее происходит в возрасте 80—140 лет. По его данным, размеры ядра у 60-летней сосны составляют только 15% площади комлевого среза.

По мнению С. И. Ванина [3], появляющаяся при прорастании спор грибница в местах обломанных сучьев или механических повреждений продвигается в ядро, так как развитию ее в заболони мешает смола.

Определенную роль в устойчивости сосны к грибу играет различное содержание кислорода воздуха и влаги в клетках заболонной и ядровой древесины.

Произведенные нами определения влажности свежесрубленной древесины показали, что заболонь содержит влаги примерно в 3,5 раза

больше, чем ядро (125—130% против 35—40%). Внутренние полости клеток заболонной древесины почти полностью заполнены водой, и в них содержится недостаточное количество кислорода воздуха для развития дереворазрушающих грибов.

Процент зараженности деревьев закономерно возрастает с увеличением возраста (табл. 1).

Таблица 1

Классы возраста	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Процент зараженности	0,9	3,8	7,6	11,2	17,5	25,7	38,6	49,8

Следует отметить, что приведенные данные занижены, так как не учитывают скрытой зараженности стволов.

Большой интерес представляет распространение сосновой губки в различных типах леса. По этому вопросу имеются разноречивые мнения.

Полученные нами данные (VI класс возраста), приведенные в табл. 2, показывают, что с ухудшением условий произрастания зараженность деревьев сосновой губкой уменьшается.

Таблица 2

Типы леса	Процент зараженности по числу деревьев
Сосняк лишайниковый	4,1
„ вересково-брусничниковый	8,4
„ мшистый	15,2
„ елово-лещиновый	16,3
„ чернично-кисличный	14,4
„ черничный	12,5
„ молиниевое-долгомшниковый	11,7
„ багульниково-сфагновый	3,6

Подобная закономерность была установлена С. П. Усковым [7] при исследовании фауны сосновых насаждений Карельской АССР.

В пределах типов леса зараженность может изменяться в зависимости от состава насаждения, наличия и степени развития подроста и подлеска, полноты насаждения и других факторов.

В. Е. Вихрсов [4] указывает, что деревья, при совместном произрастании насаждений, подвергаются совокупному воздействию многочисленных и весьма разнообразных экологических факторов. При анализе особенностей древостои и условий произрастания бывает трудно определить действие каждого из них и установить, какой фактор является решающим в устойчивости насаждений.

Зараженность сосновой губкой зависит также от роста и развития деревьев и их положения в насаждении (табл. 3).

Таблица 3

Классы роста по Крафту	I	II	III	IV	V
Процент зараженности	20,6	46,2	23,8	6,3	3,1

Хорошо развитые деревья сосны имеют высоко поднятую крону, значительная часть ствола свободна от сучьев, живые и мертвые сучья имеют большие диаметры. Поэтому вероятность попадания спор в места отмерших сучьев у хорошо развитых деревьев больше, чем у слаборазвитых.

М. К. Турский, С. И. Ванин, В. К. Захаров указывают, что число зараженных деревьев возрастает с увеличением их диаметра, а Д. И. Товстолес, В. П. Драверт, В. Н. Братусь [2] утверждают, что в разновозрастных древостоях заражение происходит пропорционально доле участия отдельных ступеней в составе насаждения.

Полученные нами данные, приведенные в табл. 4, показывают, что больше всего заражены деревья средней толщины.

Таблица 4

Ступени толщины, см	24	28	32	36	40	44
Процент зараженности	12	17	28	20	14	9

При проектировании лесохозяйственных мероприятий необходимо предусмотреть регулярное проведение санитарных рубок, чтобы, сохраняя необходимые условия для обитания фауны охотничье-заповедного хозяйства, поддерживать сосновые насаждения пушчи в удовлетворительном состоянии.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. В. Алексеев. Из жизни Беловежской пушцы. По вопросу образования ядровой древесины у сосны, Киев, 1916. [2]. В. Н. Братусь. Некоторые данные о строении насаждений, пораженных сосновой губкой. Научные труды Украинской сельскохозяйственной академии, т. VIII, 1956. [3]. С. И. Ванин. Лесная фитопатология. Гослесбумиздат, М.-Л., 1955. [4]. В. Е. Вихров. Строение и технические свойства древесины. «Достижения науки в лесном хозяйстве СССР за 10 лет», Гослесбумиздат, 1957. [5]. Н. Г. Дорогин. Отчет о командировке в Беловежскую пушцу осенью 1910 г. Ежегодник сведений о болезнях и повреждениях растений, 6-й год, 1910, 1912. [6]. В. К. Захаров. Сосновая губка в лесах Беловежской пушцы. Сб. научных трудов Белорусского лесотехнического института, вып. VII, Минск, 1948. [7]. С. П. Усков. Еловые и сосновые древостои Карельской АССР и их качественная характеристика по типам леса. Автореферат, Институт леса АН СССР, 1956.

Поступила в редакцию  
2 апреля 1963 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫМИ МАШИНАМИ  
ДЛЯ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ

С. И. РАХМАНОВ

Профессор

(Уральский лесотехнический институт)

При комплексной механизации и автоматизации лесоразработок стоимость расходуемой электроэнергии имеет существенное значение для установления эффективности работы транспортных и деревообрабатывающих машин и механизмов. Применяемый в настоящее время метод определения расхода энергии по коэффициенту спроса не обеспечивает должной точности расчетов. Это объясняется тем, что, как правило, коэффициент спроса служит для нахождения максимальной нагрузки при потреблении энергии промышленными предприятиями [2], [3]. Так в книге В. А. Алекторова, Б. С. Беляева и П. П. Пациоры [1] приводится формула для определения максимальной мощности из сети с применением коэффициента спроса

$$P_{max} = k_c \cdot P_{уст},$$

где  $P_{уст}$  — установленная мощность двигателей;  
 $k_c$  — коэффициент спроса, зависящий от коэффициента загрузки  $k_{загр}$  электродвигателей;

$$k_{загр} = \frac{P_{max}}{P_{уст}},$$

здесь  $P_{max}$  — фактическая наибольшая мощность, потребляемая из сети.

Так как наибольшая мощность, которую находят по этому коэффициенту, обычно значительно отличается от средней, определяемой с учетом загрузки двигателей, то применение коэффициента спроса для нахождения среднего расхода энергии не может дать близких к действительности результатов. Это объясняется еще и тем, что коэффициенты спроса даются в соответствующих таблицах без учета производительности машин и других факторов. Например, для продольного транспорта, перемещающего бревна на нижнем складе, коэффициент спроса равен 0,44. Если применять его для определения среднего расхода энергии, то он будет постоянным для любой производительности транспорта, несмотря на то, что в зависимости от среднего диаметра бревен она может изменяться в несколько раз, при одной и той же установочной мощности двигателя. Такой расчет дает искаженное представление о действительной стоимости энергии, необходимой для работы транспор-

тера, и не может быть рекомендован для определения эффективности работы машин. Вместе с тем имеется возможность определить средний расход энергии в зависимости от конкретных условий работы машин. С этой целью рассмотрим основные факторы, оказывающие влияние на расход энергии при работе подъемно-транспортных машин и установок, применяемых на лесоразработках.

Для них среднюю затрату электроэнергии в общем виде можно представить формулой

$$P_{\text{ср}} = \frac{A}{\eta_{\text{дв}}} \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где  $A$  — расход электроэнергии, отнесенный к валу двигателя;  
 $\eta_{\text{дв}}$  — коэффициент его полезного действия.

Для подъемно-транспортных машин и устройств

$$A = A_{\text{гр}} + A_{\text{тр}}, \quad (1)$$

здесь  $A_{\text{гр}}$  и  $A_{\text{тр}}$  — расход энергии перемещения груза и транспортного устройства.

Если путь горизонтального перемещения —  $L_{\text{ср}}$  и вертикального —  $H_{\text{ср}}$ , то работа на перемещение груза

$$A'_{\text{гр}} = Q(L_{\text{ср}}\omega + H_{\text{ср}}), \quad (2)$$

где  $Q$  — вес груза, кг;

$\omega$  — коэффициент сопротивления движению, зависящий от рода ходовых опор.

Вместе с грузом перемещается транспортное устройство, имеющее вес  $Q_{\text{т}}$ . Оно совершает рабочий и обратный ход, поэтому путь его будет в два раза больше, чем у груза

$$A'_{\text{тр}} = 2Q_{\text{т}}(L\omega' + H) \text{ кгм}, \quad (3)$$

здесь  $\omega'$  — коэффициент сопротивления движению транспортного устройства.

У элеваторов и транспортеров центр тяжести всего тягового органа не перемещается, поэтому для них в формуле (3) следует принять  $H=0$ , тогда

$$A'_{\text{т}} = 2Q_{\text{т}}L\omega' \text{ кгм}. \quad (4)$$

В формулах (3), (4)  $L$  — путь горизонтального перемещения транспортного устройства;  $L \geq L_{\text{ср}}$ ;  $H$  — путь вертикального перемещения его;  $\omega'$  — коэффициент сопротивления передвижению по опоре.

Если принять  $\frac{Q_{\text{т}}}{Q} = k$ , то формула расхода энергии примет следующий вид:

$$A' = Q[L_{\text{ср}}\omega + H_{\text{ср}} + 2k(L\omega' + H)] \text{ кгм}. \quad (5)$$

Для кранов и погрузочных лебедочных установок  $L_{\text{ср}} \approx L$ ;  $H_{\text{ср}} = H$  и  $\omega = \omega'$ , тогда

$$A' = Q(1 + 2k)(L\omega + H), \text{ кгм}. \quad (6)$$

Для несущих транспортеров и элеваторов с концевой загрузкой и разгрузкой при тех же условиях

$$A' = Q[(1 + 2k)L\omega + H] \text{ кгм}. \quad (7)$$

С учетом коэффициента полезного действия передаточного механизма для кранов и лебедочных установок расход энергии

$$A = \frac{Q' (1 + 2k) (Lw + H)}{102 \cdot 3,6\eta} \text{ кВт} \cdot \text{ч.}, \quad (8)$$

здесь  $Q'$  — вес груза,  $T$ ;

$L$  и  $H$  — путь перемещения,  $m$ .

Для транспортных устройств, перемещающих лесные грузы,  $Q' = Q_0 \gamma$ , где  $Q_0$  — объем перемещаемых лесоматериалов и  $\gamma$  — вес  $1 \text{ м}^3$  древесины,  $T$ . Для сырой древесины можно принять  $\gamma = 0,8 \text{ Т/м}^3$ , тогда при  $\eta = 0,8$  для кранов и лебедок

$$A \approx \frac{(1 + 2k) (Lw + H) Q_0}{360} \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (9)$$

Для несущих транспортеров и элеваторов с концевой загрузкой и разгрузкой

$$A \approx \frac{[(1 + 2k) Lw + H] Q_0}{360} \quad (10)$$

При определении расхода электроэнергии за смену следует принять  $Q_0 = P_{\text{см}}$ , где  $P_{\text{см}}$  — сменная производительность,  $\text{м}^3$ .

В приведенных формулах значение коэффициента  $k$  зависит от типа транспортного устройства.

Для транспортеров и элеваторов коэффициент  $k$  имеет следующее значение:

$$k = \frac{q_1}{g_{2 \text{ ср}}}, \quad (11)$$

где  $q_1$  — вес  $1 \text{ м}$  тягового органа вместе с рабочими органами,  $\text{кг/м}$ ;

$g_{2 \text{ ср}}$  — средний вес груза, приходящегося на  $1 \text{ м}$  тягового органа,  $\text{кг/м}$ .

$$g_2 = \frac{P_{\text{час}}}{3,6v}, \quad (12)$$

где  $P_{\text{час}}$  — часовая производительность,  $T$ ;

$v$  — скорость движения тягового органа,  $\text{м/сек}$ .

$$P_{\text{час}} = P_{\text{см}} \cdot \frac{\gamma}{n c_2}, \quad (13)$$

здесь  $P_{\text{см}}$  — сменная производительность в объемных единицах;

$\gamma$  — вес единицы объема,  $T$ ;

$n$  — число часов в смене;

$c_2$  — коэффициент использования рабочего времени.

Для лебедочных установок с мачтами, неповоротными стрелами и без них

$$k = \frac{L (q'_T + q''_T)}{Q_{\text{гр}}}, \quad (14)$$

где  $L$  — расстояние между лебедкой и концевым направляющим блоком,  $m$ ;

$Q_{\text{гр}}$  — средний вес пачки,  $\text{кг}$ ;

$q'_T, q''_T$  — вес  $1 \text{ м}$  тросов грузового и обратного хода,  $\text{кг}$ ;

$$Q_{\text{гр}} = Q c_0, \quad (15)$$

здесь  $Q$  — грузоподъемность лебедки, кг;  
 $c_0$  — коэффициент использования грузоподъемности.

У мостовых и козловых кранов транспортное устройство состоит из подъемных приспособлений, перемещающих груз вертикально, а также тележки и моста с опорами, служащими для горизонтального перемещения. Так как движение этих устройств происходит при разных сопротивлениях и на разных по длине участках пути, то для них следует иметь и разные коэффициенты  $k$ .

Так, для вертикального перемещения

$$k_v = \frac{Q_n}{Q_{гр}}, \quad (16)$$

здесь  $Q_{гр}$  — средний вес пачки груза;  
 $Q_n$  — вес подъемных устройств;

$$Q_n = Q_б + Q_k + Q_{грейф}, \quad (17)$$

где  $Q_б$  — вес подвижного блока;  
 $Q_k$  — вес крюка;  
 $Q_{грейф}$  — вес грейфера.

Для горизонтального перемещения при помощи тележки

$$k'_r = \frac{Q_n + Q_t}{Q_{гр}} = k_v + k_t, \quad (18)$$

здесь  $Q_t$  — вес тележки;

$$k_t = \frac{Q_t}{Q_{гр}}.$$

Для горизонтального перемещения вместе с мостом

$$k''_r = \frac{Q_n + Q_t + Q_m}{Q_{гр}} = k_v + k_t + k_m, \quad (19)$$

где  $Q_m$  — вес моста, для козловых кранов вместе с козлами;

$$k_m = \frac{Q_m}{Q_{гр}}.$$

В формулах (16), (18) и (19) средний вес  $Q_{гр}$  определяют по уравнению (15).

При работе поворотных стреловых кранов подъем груза, как правило, происходит в результате движения вверх подъемных приспособлений, а горизонтальное перемещение — при повороте стрелы вместе с краном. При изменении вылета стрелы затраты энергии незначительны и ими можно пренебречь.

Коэффициент  $k_v$  для вертикального перемещения находят по формуле (16).

Для горизонтального перемещения

$$k'_r = k_v + k_{ст}, \quad (20)$$

где  $k_{ст} = \frac{Q'_c}{Q_{гр}}$ ;

$Q'_c$  — приведенный вес стрелы, определяемый по уравнению

$$Q'_c = Q_c \frac{r}{l}, \quad (21)$$

здесь  $Q_c$  — вес стрелы вместе со всеми вращающимися частями крана;  
 $r$  — радиус поворотного круга;  
 $l$  — вылет стрелы в работе.

Башенный кран с горизонтальной стрелой и тележкой, передвигающейся по ней, представляет собой по существу консольный мостовой кран с вращающимся мостом. Для него коэффициент  $k_v$  находят по формуле (16), а коэффициент  $k'_r$  для горизонтального движения тележки вдоль стрелы — по уравнению (18). При вращательном движении коэффициент  $k''_r$  определяют по формуле (20).

Подстановка значений  $k$  в формулы (9) и (10) дает возможность получить для различных подъемно-транспортных машин частные формулы расхода электроэнергии.

Расход электроэнергии несущими транспортерами и элеваторами с концевой загрузкой и разгрузкой находят по формуле (10), а для случая с промежуточной загрузкой и разгрузкой, когда расстояние перемещения груза  $L_{cp}$  не равно длине транспортера  $L$ , высота подъема  $H > H_{cp}$ , формула (10) принимает вид

$$A = \frac{Q_0}{360} [\omega(L_{cp} + 2kL) + H_{cp}]. \quad (22)$$

Для продольных сортировочных транспортеров, перемещающих бревна на нижних лесных складах, можно принять  $H_{cp} = 0$ ;  $L = 0,6L$ , тогда

$$A = \frac{Q_0 \omega L}{360} (0,6 + 2k). \quad (23)$$

Коэффициент сопротивления передвижению для скользящих опор при трении железа по железу  $\omega = 0,2$ , при трении железа по дереву  $\omega = 0,3$ , а для роликовых опор  $\omega = 0,08-0,1$ .

Среднее значение коэффициента  $k$  приводится в табл. 1.

Таблица 1

Тип тягового органа	Значения $k$ для типов поперечин	
	скользящих	роликовых
Цепь сварная $d = 19$ мм . .	0,6	1,0
Цепь сварная $d = 22$ . . .	1,1	1,2
Трос $d = 20$ . . .	0,45	0,8

В частном случае для сортировочного продольного цепного транспортера, имеющего две секции по 100 м, цепь  $d = 19$  мм, скользящие опоры с трением железа по железу и сменную производительность  $\Pi_{cm} = 250$  м<sup>3</sup> при  $k = 0,6$  и  $\omega = 0,2$  расход электроэнергии  $A = 50$  квт·ч.

Если на каждой секции стоит по одному мотору мощностью 10 квт, то коэффициент средней загрузки

$$k_{с.з} = \frac{50}{2 \times 10 \times 7} = 0,36.$$

Следует обратить внимание на то, что только третья часть энергии тратится на передвижение груза, остальная — на перемещение тягового органа.

У скребковых транспортеров коэффициенты сопротивления движению для скребка и груза будут разные, поэтому для них формула (10) примет вид



$$A = \frac{Q_0}{360} [L(\omega' + 2k\omega'') + H], \quad (24)$$

здесь  $Q_0$  — объем опилок в плотной массе,  $m^3$ ;  
 $\omega'$  и  $\omega''$  — коэффициенты сопротивления движению (трение скольжения опилок о лоток  $\omega' = 0,6$  и скребков о лоток  $\omega'' = 0,4$ );  
 коэффициент  $k \approx 8$ .

Приближенно

$$A = \frac{Q_0}{360} (7L + H). \quad (25)$$

В частном случае для скребкового транспортера, имеющего длину в плане  $L = 50$  м и высоту подъема  $H = 5$  м при сменной производительности  $10 m^3$  в плотной массе расход электроэнергии будет  $A = 1,1$  квт·ч

Для такого транспортера достаточно иметь двигатель мощностью  $N = 2,5$  квт. Коэффициент средней загрузки

$$k_{с.з} = \frac{1,1}{2,5 \cdot 7} = 0,06.$$

Для лебедочных установок с неповоротной стрелой, предназначенных для погрузки леса, сопротивлением передвижению тросов можно пренебрегать и расход электроэнергии определять по формуле (9) при  $k = 0$  и  $\omega = 0,5$ .

Тогда

$$A = \frac{Q_0}{360} (0,5L_{ср} + H_{ср}).$$

При сменной производительности лебедки  $\Pi_{см} = 180 m^3$ , среднем расстоянии перемещения пачки  $L_{ср} = 25$  м и высоте подъема при погрузке в вагон  $H_{ср} = 5$  м расход энергии  $A = 8,75$  квт·ч.

При мощности двигателя  $N = 20$  квт коэффициент средней загрузки  $k_{с.з} = 0,06$ .

Для лебедочных установок, работающих на выгрузке леса из воды и на штабелевке леса, при  $L$  в формуле (14) больше 100 м коэффициент  $k = 0,2$ ; так как коэффициенты сопротивления движению для груза и троса разные, то расход электроэнергии следует определять по формуле

$$A = \frac{Q_0}{360} [0,5L_{ср} + H_{ср} + 0,4(\omega'L + H_{ср})]. \quad (26)$$

Если принять  $\omega' = 0,3$  и  $L = 250$  м, то формула примет вид

$$A = \frac{Q_0}{360} [0,5L_{ср} + 1,4H_{ср} + 30]. \quad (27)$$

При длине штабеля 180 м,  $L_{ср} = 100$  м,  $H_{ср} = 8$  м, сменной производительности  $250 m^3$ , расход энергии  $A = 63,4$  квт·ч.

Если мощность двигателя  $N = 20$  квт, то коэффициент средней загрузки будет  $k_{с.з} = 0,45$ .

В трелевочных одномачтовых полуподвесных установках, как правило, трос обратного хода и частично рабочий находятся в подвешенном состоянии; поэтому для них коэффициенты  $\omega' = 0,2$  и  $k = 0,2 - 0,15$ . Кроме того,  $\omega \approx 0,7$ , для тросов  $H_{ср} = 0$  и  $L_{ср} = 0,7L$ , тогда

$$A = \frac{Q_0}{360} (0,6L + H_{ср}). \quad (28)$$

При треловке лебедкой ТЛ-4  $L = 300$  м, если  $H = 0$ , то при  $Q_0 = 40$  м<sup>3</sup> в смену  $A = 25$  квт·ч.

Трелевочная лебедка одновременно производит и погрузку леса. Если принять  $L = 20$  м и  $H_{cp} = 3$  м, то по формуле (28)  $A = 1,8$  квт·ч.

Всего за смену будет израсходовано 26,8 квт·ч. При мощности двигателя 20 квт коэффициент средней загрузки  $k_{сз} = 0,19$ .

Для мостовых и козловых кранов

$$A = \frac{Q_0}{360} [(1 + 2k_b) H_{cp} + (1 + 2k'_r) L'_{cp} \omega_1 + (1 + 2k''_r) L''_{cp} \omega_2], \quad (29)$$

где  $H_{cp}$ ,  $k_b$ ,  $k'_r$  и  $k''_r$  — те же значения, что и в формулах (2), (16), (18) и (19);

$L'_{cp}$  и  $L''_{cp}$  — среднее расстояние перемещения за цикл тележки и моста, м;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  — коэффициенты сопротивления их движению ( $\omega_1 = 0,02$  и  $\omega_2 = 0,03$ ).

Для поворотных стреловых кранов без перемещения их в процессе погрузки

$$A = \frac{Q_0}{360} [(1 + 2k_b) H_{cp} + (1 + k''_r) L'''_{cp} \omega_3]. \quad (30)$$

Значения  $k_b$  и  $k''_r$  находят по формулам (16) и (20);  $\omega_3$  — коэффициент сопротивления движению при повороте,  $\omega_3 = 0,03$ ;  $L'''_{cp}$  — средний путь груза по горизонтали за цикл

$$L'''_{cp} = \omega_{cp} l, \quad (31)$$

где  $\omega_{cp}$  — средний угол поворота, рад;

$l$  — вылет стрелы, начиная от оси вращения крана.

Для башенных кранов с горизонтальной стрелой и тележкой на ней при работе без перемещения крана с грузом

$$A = \frac{Q_0}{360} [(1 + 2k_b) H_{cp} + (1 + 2k'_r) L'_{cp} \omega_1 + (1 + 2k''_r) L''_{cp} \omega_2]. \quad (32)$$

Значения коэффициентов  $k'_r$ ,  $k''_r$ ,  $k'''_r$  и  $k_b$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип подъемного устройства	Значения коэффициентов			
	$k_b$	$k'_r$	$k''_r$	$k'''_r$
Полиспаст с крюком	0,015			
» с челюстным грейфером	0,15—0,30			
» с торцовым грейфером	0,60			
» с крюком и тележкой без мотора		0,3—0,6		
» с челюстным грейфером и тележкой без мотора		0,4—0,9		
» с торцовым грейфером и тележкой без мотора		0,9—1,5		
» с крюком и моторной тележкой		0,4—0,7		
» с челюстным грейфером и моторной тележкой		0,6—1,0		
» с торцовым грейфером и моторной тележкой		1,0—1,6	8,0	—
Кран консольно-козловой ККУ-7,5			3÷6	0,10÷0,02
» поворотный стреловой			11,0	0,2
» башенный БКСМ-14П				

Расход энергии консольно-козловым краном при работе без грейфера

$$A = \frac{Q_0}{360} [1,03H_{cp} + 0,04L'_{cp} + 0,27L''_{cp}], \text{ квт}\cdot\text{ч.} \quad (33)$$

То же для башенного крана с горизонтальной стрелой и тележкой при работе без грейфера

$$A = \frac{Q_0}{360} [1,03H_{cp} + 0,04L'_{cp} + 0,03L'''_{cp}]. \quad (34)$$

При работе консольно-козлового крана ККУ-7,5 на нижних складах средняя высота подъема груза примерно равна 3—4 м, средний путь тележки  $L'_{cp} = 20$  м, среднее расстояние перемещения крана при погрузке из трех смежных штабелей  $L'''_{cp} = 10$  м.

Следовательно

$$A = 0,02Q_0, \text{ квт}\cdot\text{ч.} \quad (35)$$

При сменной производительности  $Q_0 = 200$  м<sup>3</sup> расход электроэнергии за смену будет  $A = 4$  квт·ч.

Мощность двигателей ККУ-7,5 равна 44,5 квт. Общий коэффициент средней загрузки для них  $k_{с.з.} = 0,013$ .

Для башенного крана БКСМ-14П, работающего на нижнем складе, можно принять  $H_{cp} = 4$  м,  $L'_{cp} = 16$  м и  $L'''_{cp} = 20$  м, тогда при работе без перемещения крана

$$A = 0,015Q_0, \text{ квт}\cdot\text{ч.} \quad (36)$$

При сменной производительности 200 м<sup>3</sup> расход электроэнергии за смену составит  $A = 3$  квт·ч. Так как общая мощность двигателя крана равна 52,2 квт, то общий коэффициент средней загрузки  $k_{с.з.} = 0,008$ .

Полученное значение коэффициента спроса для кранов показывает, что при нормальной их производительности и загрузка двигателей по времени весьма мала.

Из приведенных формул видно, что расход энергии зависит от грузовой работы подъемно-транспортных машин, то есть от объема или веса перемещаемого груза, от расстояния перемещения и коэффициентов сопротивления движению. Из них переменными являются первые два фактора. Поэтому при расчете следует наиболее точно устанавливать количество груза и средний путь его перемещения. Только в этом случае можно получить близкий к действительности результат и наиболее точно определить расход энергии, а по нему эффективность работы установки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Алекторов, Б. С. Беляев, П. П. Пациора. Электростанции, подстанции и электросети на лесозаготовках. Гослесбумиздат, М.-Л., 1953.  
 [2]. И. Р. Бельский. Электрооборудование лесозаготовительных предприятий. Гослесбумиздат, М.-Л., 1960. [3]. Л. В. Роос, В. И. Алябьев, и др. Централизованное электроснабжение на лесозаготовках. Гослесбумиздат, М.-Л., 1954.

## КОЛЕБАНИЯ БЕСКОНЕЧНОЙ БАЛКИ, ЛЕЖАЩЕЙ НА УПРУГОМ МАССИВНОМ ОСНОВАНИИ И РАБОТАЮЩЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАВНОМЕРНО ДВИЖУЩЕЙСЯ НАГРУЗКИ

В. М. ЛЬВОВСКИЙ

Аспирант

(Днепропетровский металлургический институт)

В работе рассматриваются колебания бесконечной балки, лежащей на упругом массивном основании с двумя упругими характеристиками и работающей в пространственных условиях под действием равномерно движущейся сосредоточенной и распределенной нагрузки (без учета и с учетом ее массы).

Упругое основание представляет собой сжимаемый слой конечной мощности (толщины  $H$ ), расположенный на бесконечно жестком (скальном) основании. При  $H \rightarrow \infty$  его можно рассматривать как упругое полупространство [4].

Полученные выводы применены для определения динамических коэффициентов и критических скоростей движения нагрузки на узкоколейных железных дорогах.

### *Дифференциальное уравнение колебаний балки*

В работе В. З. Власова и Н. Н. Леонтьева [4] дано дифференциальное уравнение колебаний балки, лежащей на упругом массивном основании с двумя характеристиками  $r_0$  и  $s_0$  и работающей в условиях плоского напряженного состояния (или плоской деформации).

Для балки, абсолютно жесткой в поперечном направлении и работающей в пространственных условиях, уравнение колебаний может быть получено из условия равновесия полоски шириной  $dx = 1$  (рис. 1). Под условием равновесия, согласно принципу возможных перемещений, будем понимать равенство нулю суммарной работы внешних и внутренних сил этой полоски при любом возможном для нее перемещении.

Считаем, что точки основания имеют только вертикальные перемещения:  $u = 0$ ,  $v \neq 0$ ,  $w = 0$ .

Под балкой

$$v = Y(x, t) \psi(y); \quad (1, 1)$$

за пределами балки

$$v = Y(x, t) \psi(y) \varphi(z), \quad (2, 1)$$

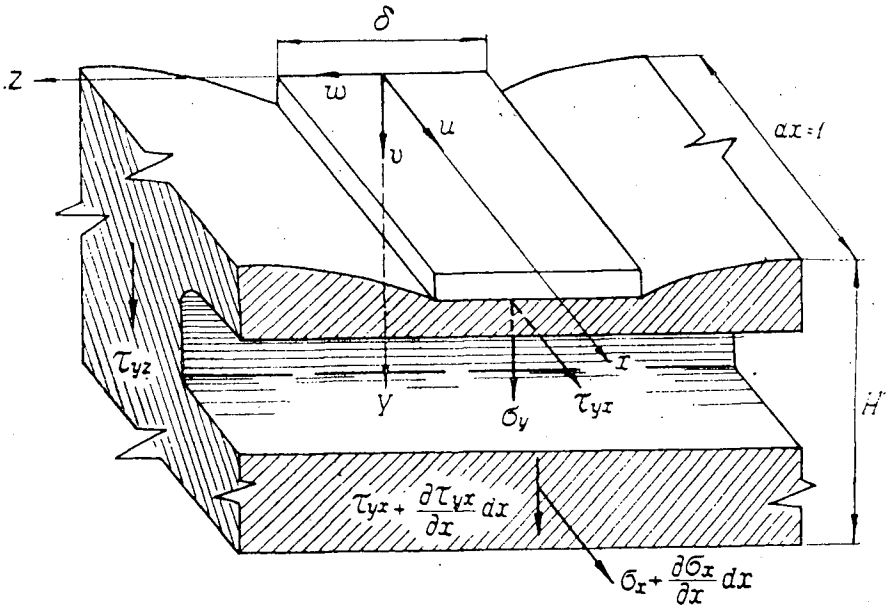


Рис. 1.

где  $Y(x, t)$  — прогиб балки;  
 $\psi(y)$  — функция распределения перемещений точек основания по глубине;  
 $\varphi(z)$  — функция изменения осадок точек поверхности основания за пределами балки.

Работа всех внешних и внутренних сил и сил инерции основания, действующих на полоску, на их возможных перемещениях, равна

$$\begin{aligned}
 A = & -2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \tau_{yz} \varphi'(z) \psi(y) dF_1 - 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \sigma_y \varphi(z) \psi(y) dF_1 - \\
 & - \int_0^H \sigma_y \psi'(y) dF + 2 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \int_0^H \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} \varphi(z) \psi(y) dF_1 + \int_0^H \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} \psi'(y) dF + \\
 & + \int_0^1 q(x, t) \psi(0) dx - \bar{m}_0 \int_0^H \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \psi(y) dF - 2\bar{m}_0 \int_{\delta/2}^{\infty} dz \cdot \\
 & \cdot \int_0^H \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \varphi(z) \psi(y) dF_1 = 0.
 \end{aligned} \tag{3,1}$$

Подставляя вместо напряжений их значения из обобщенного закона Гука и зная, что за пределами балки осадки свободного основания определяют выражением  $\varphi(z) = e^{-\eta_0 (|z| - \delta/2)}$  [1], получаем после преобразования формулы (3, 1)

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \cdot 2c_0 \left(1 + \frac{1}{\delta \eta_0}\right) - Y \left(k_0 + 2 \frac{c_0 \eta_0}{\delta} + \frac{k_0}{\delta \eta_0}\right) - m_{\text{осн}} \cdot \\
 \left(1 + \frac{1}{\delta \eta_0}\right) \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + q(x, t) = 0,
 \end{aligned} \tag{4,1}$$

где

$$c_0 = \frac{E_0 \delta}{4(1 + \nu_0)} \int_0^H \psi^2(y) dy; \quad k_0 = \frac{E_0 \delta}{1 - \nu_0^2} \int_0^H \psi^2(y) dy; \quad (5, 1)$$

$$m_{\text{осн}} = \bar{m}_0 \delta \int_0^H \psi^2(y) dy; \quad \eta_0 = \sqrt{\frac{k_0}{2c_0}}. \quad (6, 1)$$

Выражение (4, 1) представляет собой уравнение колебаний упругого массивного основания;  $c_0$  и  $k_0$  — характеристики основания, определяющие его работу на сдвиг и сжатие в условиях плоской задачи;  $m_{\text{осн}}$  — приведенная масса основания при его работе в пространственных условиях.

Уравнение колебаний балки имеет вид

$$EI \frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} = p(x, t) - m_0 \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} - q(x, t). \quad (7, 1)$$

Подставляя значение  $q(x, t)$  из формулы (4, 1), получаем дифференциальное уравнение колебаний балки, лежащей на упругом массивном основании с двумя характеристиками

$$\frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} - 2r^2 \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} + s^4 Y + \frac{m}{EI} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = \frac{p(x, t)}{EI}, \quad (8, 1)$$

где

$$r^2 = \frac{c_0}{EI} \left( 1 + \frac{1}{\delta \eta_0} \right); \quad s^4 = \frac{k_0}{EI} + \frac{4c_0}{EI} \cdot \frac{\eta_0}{\delta};$$

$$m = m_0 + m_{\text{осн}} \left( 1 + \frac{1}{\delta \eta_0} \right). \quad (9, 1)$$

По виду выражение (8, 1) совпадает с уравнением, данным в статье В. З. Власова и Н. Н. Леонтьева [4] при работе балки в условиях плоской задачи, но коэффициенты  $r^2$ ,  $s^4$  и  $m$  имеют другие значения, учитывающие инерцию основания за пределами балки.

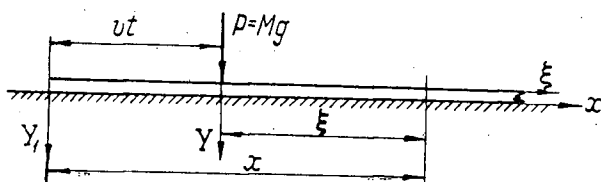


Рис. 2.

В подвижной системе координат  $Y - \xi$  (рис. 2), движущейся равномерно вместе с нагрузкой,  $\xi = x - vt$  и прогиб становится функцией только координаты  $\xi - Y = Y(\xi)$ .

Тогда

$$\frac{\partial Y}{\partial \xi} = \frac{\partial Y}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = v^2 \frac{\partial^2 Y}{\partial \xi^2}. \quad (10, 1)$$

Уравнение (8, 1) приобретает вид

$$\frac{\partial^4 Y}{\partial \xi^4} + \left( \frac{mv^2}{EI} - 2r^2 \right) \frac{\partial^2 Y}{\partial \xi^2} + s^4 Y = 0, \quad (11, 1)$$

так как при движении сосредоточенной нагрузки, приложенной в начале координат, интенсивность ее  $p(\xi) = 0$ .

При выполнении условия  $s^4 > \left(r^2 - \frac{mv^2}{2EI}\right)^2$ , которое принимает вид  $s > r$  при  $v = 0$ , решение уравнения имеет периодический характер и может быть представлено в виде

$$Y(\xi) = e^{-\alpha\xi} (c_1 \sin \beta\xi + c_2 \cos \beta\xi) + e^{\alpha\xi} (c_3 \sin \beta\xi + c_4 \cos \beta\xi), \quad (12,1)$$

где

$$\alpha = \sqrt{\frac{s^2 + r^2}{2} - \frac{mv^2}{4EI}}; \quad \beta = \sqrt{\frac{s^2 - r^2}{2} + \frac{mv^2}{4EI}}; \quad \alpha^2 + \beta^2 = s^2. \quad (13,1)$$

Таким образом, решение уравнения (11, 1) зависит от скорости движения нагрузки  $v$ .

При  $s^4 = \left(r^2 - \frac{mv^2}{2EI}\right)^2$  решение уравнения (11, 1) становится неустойчивым, а при  $s^4 < \left(r^2 - \frac{mv^2}{2EI}\right)^2$  оно имеет периодический характер.

Удовлетворяя граничному условию на бесконечности  $Y(\infty) = 0$ , из выражения (12, 1) получаем

$$c_3 = c_4 = 0; \quad \frac{\partial Y}{\partial \xi}(\infty) = 0. \quad (14,1)$$

#### Движение сосредоточенной силы

При движении единичной силы граничные условия в начале координат  $\xi = 0$  имеют вид

$$\frac{\partial Y}{\partial \xi}(0) = 0; \quad \frac{\partial^3 Y}{\partial \xi^3}(0) = \frac{1}{2EI}. \quad (1,2)$$

Из этих условий определяются коэффициенты  $c_1$  и  $c_2$ , и общий интеграл в формуле (12,1) принимает вид

$$K_P(\xi) = \frac{1}{4EI\alpha\beta s^2} e^{-\alpha\xi} (\alpha \sin \beta\xi + \beta \cos \beta\xi). \quad (2,2)$$

Эта кривая прогибов балки обладает свойством линии влияния, позволяющей определить прогиб любой точки при произвольном нагружении.

Прогиб балки под сосредоточенной силой  $P$  получается из уравнения (2,2) при значении  $\xi = 0$

$$Y_P(0) = \frac{P}{4EI\alpha s^2}. \quad (3,2)$$

Для вычисления динамического коэффициента находим статический прогиб бесконечной балки под сосредоточенной силой. Его определяют из однородного дифференциального уравнения изгиба балки, работающей в пространственных условиях,

$$\frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} - 2r^2 \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} + s^4 Y = 0; \quad (4,2)$$

при граничных условиях

$$Y(\infty) = Y'(\infty) = 0; \quad Y'(0) = 0; \quad Y'''(0) = \frac{P}{2EI}. \quad (5,2)$$

Обозначив  $\bar{\alpha} = \sqrt{\frac{s^2 + r^2}{2}}$  и  $\bar{\beta} = \sqrt{\frac{s^2 - r^2}{2}}$ , имеем

$$Y_{\text{ст}}(\xi) = \frac{P}{4EI\bar{\alpha}\bar{\beta}s^2} e^{-\bar{\alpha}\xi} (\bar{\alpha} \sin \bar{\beta}\xi + \bar{\beta} \cos \bar{\beta}\xi)$$

$$\text{и } Y_{\text{ст}}(0) = \frac{P}{4EI\bar{\alpha}s^2}. \quad (6,2)$$

Учитывая формулы (6, 2), представим прогиб под движущейся силой

$$Y_p(0) = \frac{P}{4EI\bar{\alpha}s^2} \cdot \frac{\bar{\alpha}}{\alpha} = Y_{\text{ст}}(0) \cdot k_{p \text{ дин}}, \quad (7,2)$$

где  $k_{p \text{ дин}}$  — коэффициент, характеризующий динамическое воздействие движущейся сосредоточенной силы.

Значение критической скорости, при которой возникают неустойчивые колебания балки, определяется из условия  $k_{p \text{ дин}} \rightarrow \infty$ , откуда

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{4EI}{m} \cdot \frac{s^2 + r^2}{2}}. \quad (8,2)$$

Положив в этой формуле  $m_{\text{осн}} = 0$  и  $r = 0$  и приняв, что балка работает в условиях плоской задачи, то есть  $s^4 = \frac{k_0}{EI}$ , получим формулу для винклеровского основания без учета его массы, совпадающую с формулой для  $v_{\text{кр}}$  [5]. Используя уравнение (8, 2), можно представить динамический коэффициент в виде

$$k_{p \text{ дин}} = \frac{\sqrt{\frac{s^2 + r^2}{2}}}{\sqrt{\frac{s^2 + r^2}{2} - \frac{mv^2}{4EI}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_{\text{кр}}}\right)^2}}. \quad (9,2)$$

На рис. 3 приведен график изменения  $k_{p \text{ дин}}$  в зависимости от отношения скоростей  $v/v_{\text{кр}}$ .

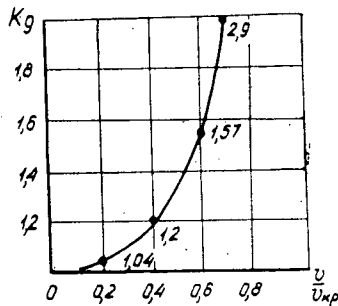


Рис. 3.

При  $v < 0,5v_{\text{кр}}$  динамический коэффициент не превышает 1,3.

#### Движение сосредоточенного груза

При движении единичного сосредоточенного груза граничные условия при  $\xi = 0$  имеют вид

$$Y'(0) = 0; \quad Y'''(0) = \frac{1}{2EI} \left(1 - \frac{v^2}{g} \frac{\partial^2 Y}{\partial \xi^2}\right). \quad (1,3)$$



Определив из этих условий коэффициенты  $c_1$  и  $c_2$ , получим

$$K_M(\xi) = \frac{1}{4EI\beta(\alpha - v^2/g4EI)} e^{-\alpha\xi} (\alpha \sin \beta\xi + \beta \cos \beta\xi), \quad (2,3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  определяются формулами (13, 1).

Эта функция обладает свойством функции влияния прогиба при учете массы.

Прогиб балки под движущимся грузом находят по формуле

$$Y_M(0) = \frac{P}{4EI\alpha s^2} \cdot \frac{\alpha}{\sqrt{\frac{s^2+r^2}{2} - \frac{mv^2}{4EI} - \frac{Mv^2}{4EI}}} = Y_{ст}(0) \cdot k_{Мдин}, \quad (3,3)$$

где

$$k_{Мдин} = \frac{\sqrt{\frac{s^2+r^2}{2}}}{\sqrt{\frac{s^2+r^2}{2} - \frac{mv^2}{4EI} - \frac{Mv^2}{4EI}}}. \quad (4,3)$$

Критическую скорость движения груза, при которой возникают неустойчивые колебания балки за счет центробежных сил инерции, развивающихся при движении груза ([1], [2], [6]), определяют из условия  $k_{Мдин} \rightarrow \infty$ .

Тогда, согласно формуле (4, 3), критическая скорость равна

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2EI\alpha}{M^2} \left( \sqrt{1 + \left(\frac{2M}{m}\right)^2 \cdot \frac{s^2+r^2}{2}} - 1 \right)}. \quad (5,3)$$

На рис. 4 представлен график зависимости  $v_{кр} \sqrt{\frac{M}{EI}}$  от отношения  $\frac{M}{m}$  при различных значениях  $\bar{\alpha}^2 = \frac{s^2+r^2}{2}$ .

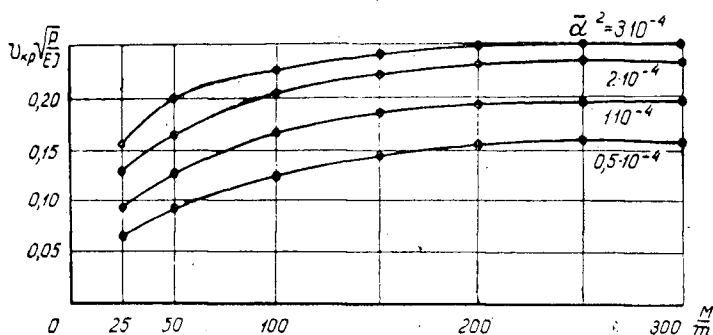


Рис. 4.

В табл. 1 приведены значения динамических коэффициентов при различных значениях  $\frac{M}{m}$ ,  $\frac{s^2+r^2}{2}$  и различных отношениях скоростей  $v/v_{кр}$ .

Из таблицы следует:

- 1) с увеличением отношения масс  $\frac{M}{m}$  динамический коэффициент возрастает;
- 2) с увеличением скорости движения, то есть отношения  $v/v_{кр}$ , динамический коэффициент также растет;

Таблица 1

$\bar{\alpha}^2$	$\frac{M}{m}$	Значения $k_{M_{дин}}$ при $v/v_{кр}$			
		0,2	0,4	0,6	0,8
$3 \cdot 10^{-4}$	50	1,044	1,175	1,505	2,580
	100	1,044	1,185	1,542	2,720
	200	1,045	1,200	1,561	2,760
	400	1,045	1,188	1,624	—
$2 \cdot 10^{-4}$	50	1,038	1,168	1,494	2,540
	100	1,039	1,184	1,538	2,690
	200	1,042	1,196	1,558	2,750
	400	1,042	1,186	1,567	—
$1 \cdot 10^{-4}$	50	1,032	1,145	1,410	2,161
	100	1,038	1,183	1,527	2,660
	200	1,040	1,188	1,550	2,740
	400	1,040	1,185	1,565	—

3) с уменьшением величины  $\bar{\alpha}^2 = \frac{s^2 + r^2}{2}$  при постоянном  $\frac{M}{m}$  динамический коэффициент снижается.

Сравнивая прогибы балки под движущейся силой и грузом, получаем

$$\frac{Y_P(0)}{Y_M(0)} = \frac{\alpha - Mv^2 4EI}{\alpha} = 1 - \frac{Mv^2}{4\alpha EI} \quad (6,3)$$

Из этой формулы видно, что динамическое воздействие движущегося груза больше динамического воздействия движущейся силы.

#### Движение полосы равномерно распределенной нагрузки

Для определения перемещений бесконечной балки, лежащей на упругом массивном основании с двумя упругими характеристиками и работающей в пространственных условиях, от равномерно движущейся распределенной нагрузки воспользуемся функциями влияния прогиба (2, 2) и (2, 3).

Для значений  $\xi < 0$  формула (2, 2) имеет вид

$$K_{1P} = Ce^{\alpha\xi} (-\alpha \sin \beta\xi + \beta \cos \beta\xi), \quad (1,4)$$

где

$$C = \frac{1}{4EI\alpha\beta s^2}. \quad (2,4)$$

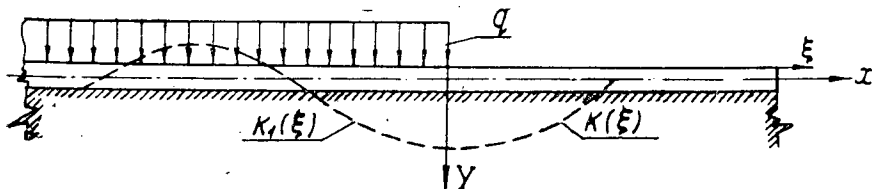


Рис. 5.

А. При движении полубесконечной полосы по бесконечной балке (рис. 5) прогиб балки в начале подвижной системы координат, то есть под началом полосы, определяется по формуле

$$Y_q(0) = \int_{-\infty}^0 q(\xi) K_{1P}(\xi) d\xi = Cq \left[ \alpha \frac{\beta}{\alpha^2 + \beta^2} + \beta \frac{\alpha}{\alpha^2 + \beta^2} \right]. \quad (3,4)$$

Подставляя значение  $C$ , получим

$$Y_q(0) = \frac{q}{2EI\alpha^4}. \quad (4,4)$$

Таким образом, в этих условиях прогиб является величиной постоянной, зависящей от интенсивности нагрузки, жесткости балки и характеристики упругого основания на сжатие при его работе в пространственных условиях.

При движении массивной полубесконечной полосы по бесконечной балке прогиб балки при  $\xi = 0$  можно найти по формуле

$$Y_{m_q}(0) = \int_{-\infty}^0 q(\xi) K_{1M}(\xi) d\xi = \frac{q\alpha}{2EI\alpha^4(\alpha - m_q v^2/4EI)}. \quad (5,4)$$

Учитывая уравнение (4, 4), записываем

$$Y_{m_q}(0) = \frac{q}{2EI\alpha^4} \cdot \frac{\alpha}{\alpha - m_q v^2/4EI} = Y_q(0) \cdot k_{\text{дин}}. \quad (6,4)$$

В формулах (5, 4) и (6, 4)  $m_q$  — погонная масса движущейся полосы;  $k_{\text{дин}}$  — динамический коэффициент, равный отношению прогибов  $\frac{Y_{m_q(0)}}{Y_q(0)}$ .

При движении массивной равномерно распределенной нагрузки, вызывающей неустойчивые колебания балки за счет возникающих центробежных сил инерции, вследствие чего балка становится динамически неустойчивой, критическая скорость определяется из условия  $k_{\text{дин}} \rightarrow \infty$

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2Elm}{m_q^2} \left( \sqrt{1 + \left(\frac{2m_q}{m}\right)^2 \cdot \frac{s^2 + r^2}{2}} - 1 \right)}. \quad (7,4)$$

Зависимость  $\frac{v_{\text{кр}} \sqrt{m_q}}{\sqrt{EI}}$  от отношения  $\frac{m_q}{m}$  при различных  $\bar{\alpha}^2$  дана

на рис. 4.

Динамический коэффициент определяют по табл. 1.

Б. Используя функции влияния прогиба (2,2) и (2,3), определим прогибы бесконечной балки при равномерном движении бесконечной полосы равномерно распределенной нагрузки

$$Y_q(0) = \int_{-\infty}^0 q(\xi) K_{1P}(\xi) d\xi + \int_0^{\infty} q(\xi) K_P(\xi) d\xi. \quad (8,4)$$

Подставляя вместо функций влияния их значения по уравнениям (1,4) и (2,2) и вычисляя интегралы, получим

$$Y_q(0) = \frac{q}{EI\alpha^4}. \quad (9,4)$$

При равномерном движении бесконечной массивной полосы

$$Y_{m_q}(0) = \frac{q}{EI\alpha^4} \cdot \frac{\alpha}{\alpha - m_q v^2/4EI} = Y_q(0) \cdot k_{\text{дин}}. \quad (10,4)$$

Динамические коэффициенты при движении бесконечной и полубесконечной массивной полосы имеют одинаковые значения, и его определяют в зависимости от скорости и отношения  $\frac{m_q}{m}$  по табл. 1. Критическую скорость определяют по формуле (7, 4).

В. При движении полубесконечной полосы по полубесконечной балке (рис. 6) прогибы при  $\xi > 0$  определяют по формуле

$$\begin{aligned}
 Y_q(\xi) &= Cq \int_{-vt}^0 e^{\alpha(z-\xi)} [-\alpha \sin \beta(z-\xi) + \beta \cos \beta(z-\xi)] dz = \\
 &= \frac{q}{4EI\alpha\beta s^2} \left\{ \frac{e^{-\alpha\xi}}{s^2} [2\alpha\beta \cos \beta\xi + (\alpha^2 - \beta^2) \sin \beta\xi] - \right. \\
 &\left. - \frac{e^{-\alpha(\xi+vt)}}{s^2} [2\alpha\beta \cos \beta(\xi+vt) + (\alpha^2 - \beta^2) \sin \beta(\xi+vt)] \right\}. \quad (11,4)
 \end{aligned}$$

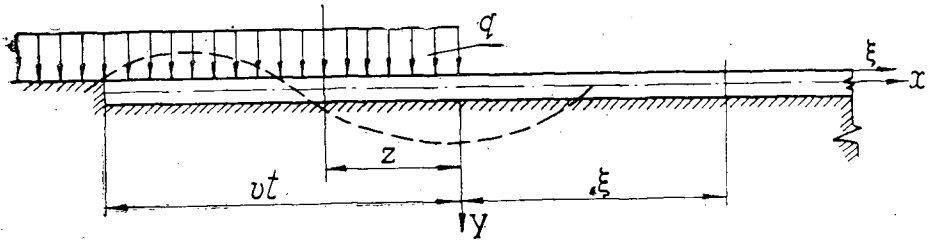


Рис. 6.

Прогибы под началом полосы можно получить по формуле (11, 4) при  $\xi = 0$ .

При достаточно больших значениях  $t$  второй член становится очень малым и при  $t \rightarrow \infty$  получается результат, совпадающий с вычисленным по выражению (4, 4).

Аналогично могут быть вычислены прогибы при  $\xi < 0$ . При движении массивной полуполосы прогибы определяются по формуле (11,4), в которую вместо  $C$  подставлено значение  $\frac{q}{4EI\beta s^2 (\alpha - m_q v^2 / 4EI)}$ .

Динамический коэффициент  $k_{дин}$  находят по формуле (6, 4), а критическую скорость — по выражению (7, 4).

### Пример

Рассмотрим движение паровоза ПТ-4 с давлением на ось 4 Т по пути, уложенному рельсами Р18, длина рельса 800 см, 1750 шпал на 1 км (13 шпал на звено). Балласт песчаный. Расчетные величины для паровоза ПТ-4, рельсов и шпал взяты из работы В. С. Братина и М. Н. Торгонского [3].

Момент инерции сечения рельса  $I = 240 \text{ см}^4$ ,  $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ , вес  $G = 18 \text{ кг/м}$ .

Длина шпалы  $\delta = 150 \text{ см}$ ,  $a = 21 \text{ см}$ , коэффициент изгиба  $\alpha = 0,92$ .

Давление на оси паровоза ПТ-4  $P_I = 3530 \text{ кг}$ ,  $P_{II} = 3520 \text{ кг}$ ,  $P_{III} = 4100 \text{ кг}$ ,  $P_{IV} = 4050 \text{ кг}$ ; коэффициенты неуравновешенности:  $B_I = 0,31$ ,  $B_{II} = 0,15$ ,  $B_{III} = 0,64$ ,  $B_{IV} = 0,31$ ; расстояния между осями паровоза 75 см.

Суммарная сила, действующая на рельсовый путь,

$$P_{\text{сум}} = \Sigma \eta_i P_i + \Sigma \eta_i B_i v^2,$$

где  $\eta_i$  — ордината линии влияния поперечных сил;  
 $P_i$  — статическое давление на ось,  $\kappa\Gamma$ ;  
 $\Sigma \eta_i P_i$  — эквивалентный груз ( $\kappa\Gamma$ ), заменяющий данную систему сосредоточенных грузов в отношении давления на шпалы, балласт и земляное полотно;  
 $\Sigma \eta_i B_i v^2$  — эквивалентная сила ( $\kappa\Gamma$ ), заменяющая действие всех неуравновешенных частей.

Уравнение линии влияния поперечной силы получаем из выражения (6, 2) при  $P = 1$ . Для этого нужно вычислить третью производную

$$\eta = \frac{1}{2\alpha\beta} e^{-\bar{\alpha}\xi} [2\bar{\alpha}\bar{\beta} \cos \bar{\beta}\xi - (\bar{\alpha}^2 - \bar{\beta}^2) \sin \bar{\beta}\xi]. \quad (2,5)$$

1. Расстояние между осями шпал

$$l_{\text{ср}} = \frac{l_p - 2e}{n - 1} = \frac{760}{12} = 63,5 \text{ см.}$$

Модуль упругости подрельсового основания

$$k_0 = \frac{\alpha\delta C}{l_{\text{ср}}} = \frac{0,92 \cdot 21 \cdot 150 \cdot 2,75}{63,5} \approx 125, \text{ кг/см}^2,$$

где  $C$  — коэффициент постели шпал, равный  $2,75 \text{ кг/см}^2$ .

Коэффициент  $k_0$  характеризует работу основания на сжатие. Модуль упругой деформации прунта  $E_0 = 100 \text{ кг/см}^2$ . Жесткость рельсовых нитей

$$EI = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 240 \approx 10^9 \text{ кг/см}^2.$$

2. Определяем упругие характеристики основания и балки, приняв функцию (1,1) изменения осадок по глубине в виде

$$\psi(y) = e^{-\epsilon y}.$$

Согласно выражениям (5, 1), имеем

$$\epsilon = 1,5 \cdot 10^{-2}; \quad \nu_0 = 0,3; \quad r_0^2 = 0,9615 \cdot 10^{-4}, \text{ 1/см}^2;$$

$$s_0^4 = 12,36 \cdot 10^{-8}, \text{ 1/см}^4; \quad \eta_0 = 2,536 \cdot 10^{-2}.$$

При работе в пространственных условиях характеристики  $s^4$  и  $r^2$ , а также приведенную массу балки и основания определяют по формулам (9, 1)

$$s^4 = s_0^4 + 4\eta_0 r_0^2 / \delta = 18,862 \cdot 10^{-8}, \text{ 1/см}^4;$$

$$r^2 = r_0^2 \left(1 + \frac{1}{\delta \eta_0}\right) = 1,2143 \cdot 10^{-4}, \text{ 1/см}^2.$$

Характеристика  $s > r$ .

При  $\gamma = \bar{m}_0 g = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/см}^3$  масса основания и балки, вычисленная по формуле (9, 1),

$$m = 982,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}^2}.$$

3. Вычислим коэффициенты  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\beta}$

$$\bar{\alpha} = \sqrt{\frac{s^2 + r^2}{2}} = 1,668 \cdot 10^{-2}; \quad \bar{\beta} = \sqrt{\frac{s^2 - r^2}{2}} = 1,251 \cdot 10^{-2}.$$

Уравнение линии влияния поперечной силы принимает вид

$$\eta = e^{-0,01668\xi} (\cos 0,01251\xi - 0,2906 \sin 0,01251\xi).$$

За основную ось принимаем третью как наиболее нагруженную. Результаты вычислений сведены в табл. 2.

Таблица 2

$\xi$	$\bar{\alpha}\xi$	$e^{-\bar{\alpha}\xi}$	$\bar{\beta}\xi$	$\cos \bar{\beta}\xi$	$\sin \bar{\beta}\xi$	$\Delta$	$\eta$
150	2,502	0,08224	1,8765	-0,3022	0,9532	-0,5972	-0,04760
75	1,251	0,2868	0,9382	0,8065	0,5916	0,6346	-0,1820
0	0	1	0	1	0	1	1
+75	+1,251	0,2868	0,9382	0,8065	0,5916	0,6346	0,1820

4. Определим  $P_{\text{сум}}^*$

$$P_{\text{сум}}^* = \sum \eta_i P_i = -0,0476 P_I + 0,1820 (P_{II} + P_{IV}) + 1 \cdot P_{III} \approx 5300 \text{ кг.}$$

5. Определим критическую скорость движения груза

$$M = \frac{P_{\text{сум}}^*}{g} = 5,41 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}}; \quad \frac{M}{m} = \frac{5,41}{982,8 \cdot 10^{-5}} = 550;$$

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2EI_m}{M^2} \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2M}{m} \right)^2 \frac{s^2 + r^2}{2}} - 1 \right)} = 3383 \text{ см/сек} \approx 125 \text{ км/час.}$$

6. Статический прогиб под нагрузкой

$$Y_{\text{ст}}(0) = \frac{P_{\text{сум}}^*}{4EI\alpha s^2} = 0,183 \text{ см.}$$

7. При движении со скоростью  $v$  начинает действовать сила  $\sum \eta_i B_i v^2$  и прогибы определяют по формуле (3,3)

$$Y_M(0) = \frac{P_{\text{сум}}^* + \sum \eta_i B_i v^2}{4EI s^2 \alpha - Mv^2 / 4EI}.$$

Результаты вычислений прогибов и динамических коэффициентов при различных скоростях сведены в табл. 3.

Таблица 3

$v/v_{\text{кр}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$Y_M(0)$	0,189	0,208	0,241	0,294	0,378	0,512	0,755	1,280	3,141
$k_{\text{дин}}$	1,0327	1,1365	1,3168	1,6064	2,0654	2,7976	4,1253	6,9939	17,157

Для «мягкого» основания наибольшей практически является скорость  $v = 0,35 v_{\text{кр}} \approx 45 \text{ км/час}$ , так как динамический коэффициент при этом равен 1,5.

Полученная скорость отличается на 10—15% от максимальной скорости, рекомендуемой другими авторами [3] на основе опыта эксплуатации лесовозных железных дорог.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Болотин. Динамическая устойчивость упругих систем. ГТИ, 1956.  
[2]. В. В. Болотин. О воздействии подвижной нагрузки на мосты. Труды МИИТ, вып. 74, 1950. [3]. В. С. Братин, М. Н. Торгонский. Строительство лесовозных дорог и искусственных сооружений. Гослесбумиздат, М.-Л., 1960.  
[4]. В. З. Власов, Н. Н. Леонтьев. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. Физматгиз, 1960. [5]. В. С. Корешев, М. Н. Ручимский. Некоторые задачи динамики балок на упругом основании. Научное сообщение ЦНИИПС, № 20, М., 1956. [6]. А. Б. Моргаевский. Об устойчивости и колебаниях сооружений в поле сил инерции движущейся равномерно распределенной нагрузки. Научные труды Днепропетровского металлургического института, вып. 42, 1961.

Поступила в редакцию  
10 апреля 1963 г.

## ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

**А. А. ТКАЧЕНКО**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Основной особенностью устройства дорог на болотах является значительная деформация торфяного основания, протекающая в течение длительного времени.

Если определение величины осадки насыпи наиболее важно при проектировании дороги, то для строительства основным вопросом является установление того, как протекает осадка во времени.

Для изучения процесса деформации торфа работники кафедры сухопутного транспорта, а затем кафедры инженерных конструкций Архангельского лесотехнического института провели эксперименты, которые позволили сделать следующие выводы\*.

1. При определении деформации торфа во времени нельзя пользоваться теорией фильтрационной консолидации.

2. Время деформации торфа до заданной величины может быть сокращено во много раз при применении пригрузки.

3. При снятии пригрузки последующие деформации торфа настолько малы, что не могут иметь практического значения.

Эти выводы легли в основу дальнейших исследований существующих способов ускорения деформации торфа при строительстве дорог на болотах и деформаций насыпей вновь строящихся дорог.

Для ускорения осадки насыпей применяют следующие способы устройства земляного полотна на торфяном грунте.

1. Для отсыпки насыпи производят частичное выторфовывание, которое широко применяют при строительстве автомобильных дорог. Основное достоинство его — уменьшение абсолютных величин осадок насыпей и увеличение (с возрастанием нагрузок на торфяное основание) скорости осадки.

Недостатком частичного выторфовывания является то, что оно не исключает длительных осадок насыпей и, как показывает опыт строительства, в северных районах редко может быть выполнено на глубину более 1 м.

2. На поверхность болота отсыпают грунт слоем, толщина которого больше, чем величина ожидаемой осадки, сложенная с минимально требуемой по условиям проектирования высотой насыпи. Данный способ

\* Отчет по теме «Технология и организация строительства автомобильных лесовозных дорог на болотах», ч. I, АЛТИ, Архангельск, 1962 (рукопись).



(его можно назвать способом пригрузки) получил распространение при строительстве дорог широкой колеи. Достоинства и недостатки его аналогичны предыдущему. Он обладает тем преимуществом, что при его применении имеется некоторый дополнительный запас на осадку в случае, если расчетная осадка определена недостаточно точно.

3. Сразу после отсыпки насыпи сквозь ее тело закладывают в торф основные заряды ВВ, после взрыва которых происходит уплотнение торфа основания и отжим его в сторону за пределы подошвы насыпи. Достоинство данного способа — быстрая (форсированная) посадка насыпи, недостаток — значительный объем работ по бурению скважин.

4. В способе перегрузки так же, как и пригрузки, земляное полотно отсыпают слоем, толщина которого больше, чем величина ожидаемой осадки, сложенная с минимально требуемой высотой насыпи. После отсыпки грунта насыпь выдерживают определенное время, в течение которого осадка ее достигает расчетной величины, а затем лишний слой грунта (выше проектной отметки насыпи над уровнем болота) снимают. В этом случае насыпь достигает расчетной осадки в процессе строительства. Недостатком является необходимость снятия слоя пригрузочного грунта после достижения расчетной осадки.

5. В основании насыпи до ее полной отсыпки устраивают песчаные свай-дрены, которые, согласно теории фильтрационной консолидации, могут увеличить скорость осадки во много раз. Опыт применения свай-дрен за границей показал, что они достаточно эффективны, если одновременно применяют перегрузку насыпей, а сами насыпи имеют значительную высоту.

Объективный анализ небольшого опыта применения свай-дрен в Советском Союзе [1] показывает, что на низких насыпях без перегрузки они практически не дают положительного эффекта.

Работы по моделированию оснований на сваях-дренах, выполненные в Архангельском лесотехническом институте [3], позволяют сделать вывод, что последние являются скорее фактором, повышающим стабильность основания за счет уплотнения торфа при их устройстве и изменения направления гидродинамического напора, создаваемого водой выжимаемой из торфа весом насыпи. Что же касается их назначения для увеличения скорости деформации, то эта их роль не подтверждается ни опытом строительства дорог (без пригрузки и высоких насыпей), ни лабораторными исследованиями.

Перечисленные способы исчерпывают известные методы ускорения осадки насыпей на болотах. Сравнение их показывает, что теоретически только два (взрывной и перегрузки) дают возможность сравнительно быстро получить надежную стабилизацию насыпи.

Все рассмотренные способы весьма трудоемки и дорогостоящи. Наиболее дешёв — способ перегрузки, так как он требует наименьшего количества дополнительных объемов земляных работ. Кроме того, при его применении не нужны такие сложные и дорогостоящие операции, как взрывные работы по устройству песчаных свай.

Все это позволяет сделать вывод, что в условиях строительства лесовозных дорог наиболее приемлем метод перегрузки, на который мы и обратили основное внимание.

Применение этого способа основывается на том факте, что деформация торфяного грунта не пропорциональна времени приложения нагрузки, а выражается зависимостью, близкой к логарифмической. В случае большей нагрузки деформация увеличивается. Ясно также, что деформация торфяного грунта, получившего большую нагрузку, достигнет той же величины за меньшее время. Даже сравнительно небольшое

увеличение нагрузки приводит к значительному сокращению времени, необходимого для завершения деформации.

Проведенные в лаборатории опыты \* показали, что таким образом можно сократить время деформации в 17—48 раз (в среднем в 33 раза).

Наиболее раннее упоминание о применении этого способа в практике мы встретили в работе американского инженера Бертона \*\*, в которой излагается опыт строительства дорог в штате Мичиган.

В Советском Союзе инженер Б. Сергиевский [2] развил способ, описанный Бертоном, и предложил определять толщину слоя перегрузки из условия, чтобы объем грунта перегрузки был равен объему грунта, необходимому для расширения насыпи до проектных размеров.

К сожалению, в нашей технической литературе мы не нашли описаний применения данного способа. За рубежом этот метод получил широкое развитие (в том числе и для строительства лесовозных дорог). В настоящее время перегрузку отсыпают по всей проектной ширине насыпи. В современных работах [4], [5], в частности, говорится, что минимальная толщина перегрузки не должна быть меньше четырех футов, а расчетная осадка может быть достигнута за 3—4 недели. Но в этих работах нет каких-либо конкретных указаний на то, какова должна быть перегрузка в зависимости от глубины болота, высоты насыпи и величины осадки. Поэтому при проведении полевых работ \*\*\* наше основное внимание было направлено на изучение прохождения осадки во времени. Для ее замера на опытных участках до начала отсыпки устанавливали нивелировочные марки, которые периодически нивелировали. По ним определяли также толщину насыпного слоя грунта. Всего удалось произвести замеры на 12 поперечниках (36 марок). На рис. 1 показан ход осадки в зависимости от времени и увеличения нагрузки. Интересно отметить, что с возрастанием осадки величина нагрузки несколько падает. Это объясняется тем, что объемный вес насыпного грунта уменьшается при погружении его ниже уровня воды в болоте.

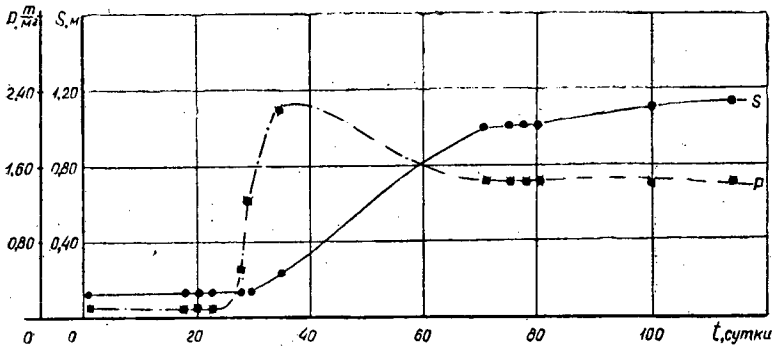


Рис. 1. Протекание осадки насыпи на опытном участке во времени (сплошная линия) и интенсивность нагрузки (пунктир). Поперечник № 3, ГК 188 + 80, левая марка.

В результате обработки результатов опытов были получены кривые консолидации торфяных оснований под насыпями для всех поперечни-

\* Отчет по теме «Технология и организация строительства автомобильных лесовозных дорог на болотах», ч. 1, АЛТИ, Архангельск, 1962 (рукопись).

\*\* В. Р. Бертон. Осадки насыпей на болотах. 1927. Русский перевод № 1481/а, выполнен сектором транспортного строительства, М. (рукопись).

\*\*\* В выполнении работ участвовали ассистент Н. П. Коваленко и зав. лабораторией О. И. Данченко.

ков. Далее, допуская, что при небольших интервалах напрузки модуль деформации основания остается постоянным, получили зависимость, характеризующую ускорение осадки в зависимости от величины перегрузки.

Для характеристики величины перегрузки введем понятие коэффициента перегрузки  $k_n$ , под которым подразумевается отношение суммарной нагрузки на торфяное основание (с учетом перегрузки) к расчетной величине напрузки.

На рис. 2 показана зависимость величины  $k_n$  от времени, необходимого для достижения конечной деформации, считая с момента отсыпки насыпи. Из рисунка видно, что если при расчетной нагрузке ( $k_n = 1$ ) деформация протекает теоретически бесконечно долго, то при применении перегрузки в 25% время деформации сокращается до 20 дней.

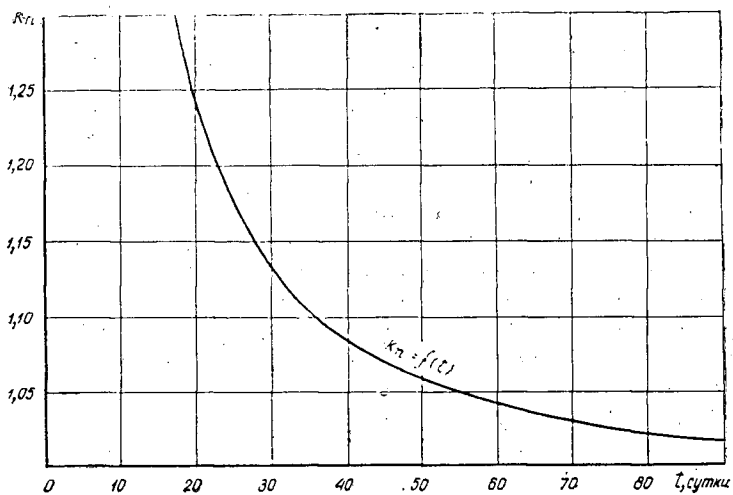


Рис. 2. Зависимость коэффициента перегрузки от времени, необходимого для достижения расчетной осадки.

Для того чтобы проследить, как зависит скорость осадки от  $k_n$ , был введен коэффициент интенсивности осадки  $\tau$ , под которым понимается отношение времени, необходимого для получения осадки величиной 99% от расчетной без перегрузки ( $k_n = 1$ ) ко времени, которое следует затратить, чтобы достигнуть той же степени консолидации при наличии перегрузки.

График зависимости  $\tau$  от  $k_n$  приведен на рис. 3. Из рисунка видно, что при применении перегрузки от 5 до 20% интенсивность осадки увеличивается соответственно в 2—4 раза.

Результаты изучения отечественного и зарубежного опыта и проведенные нами полевые исследования позволили разработать технологические правила по строительству земляного полотна автомобильных дорог на болотах. Эти правила разработаны на основании применения метода перегрузки как наиболее доступного для строителей лесовозных дорог. Мы считаем, что этот метод имеет еще и то преимущество, что прунт перегрузки может компенсировать неизбежные (в определенных пределах) ошибки в определении величины осадки при проектировании дорог. При составлении правил были учтены такие факторы, как строительный тип болота; характер грунта, предназначенного для отсыпки насыпи; календарные сроки производства работ; поперечный профиль земляного полотна и последовательность его образования; обеспечение ус-

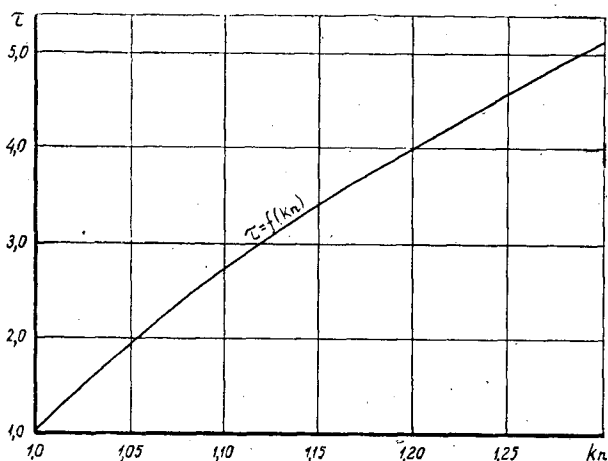


Рис. 3. Зависимость коэффициента интенсивности осадки от величины коэффициента перегрузки. Степень консолидации — 99%.

тойчивости торфяного основания; директивные сроки стабилизации насыпи; контроль за устройством насыпи на болоте. В результате учета всех этих факторов была составлена «Инструкция по технологии строительства дорог на болотах по методу перегрузки».

Мы считаем, что принципы устройства насыпей, изложенные в инструкции, будут справедливы и при строительстве без перегрузки или при применении ее в меньших размерах. Однако в этом случае соответственно увеличатся сроки стабилизации насыпи.

Остановимся на основных этапах устройства насыпи на болотах различных строительных типов.

На рис. 4 (а, б, в) приводится порядок устройства земляного полотна на болоте I строительного типа\*. Эти работы выполняют в следующем порядке: после разрубки трассы и срезания пней на уровне с поверхностью земли устраивают продольные прорезы, а за пределами будущей насыпи отрывают водоотводные канавы. Обязательным условием является установка до начала отсыпки наблюдательных реек (для замера осадок и толщины насыпного слоя) не реже, чем через 50 м, но не меньше трех на одно болото. Рейки должны быть ограждены.

На поверхности болота разбивают начальную ширину отсыпки насыпи, которую принимают больше (рис. 4, а) ширины насыпи по низу. Ширину отсыпки уменьшают с увеличением толщины слоя насыпного грунта, величина которого определяется по наблюдательным рейкам. Интенсивность отсыпки на этих болотах не должна быть больше, чем 0,5 м в сутки при среднесуточной интенсивности 0,15—0,20 м в сутки. Данные придержки необходимы по условиям обеспечения устойчивости насыпи в процессе ее возведения. Общая толщина отсыпаемого слоя складывается из проектной высоты насыпи, величины осадки и толщины слоя перегрузки, который не следует принимать меньше 1,2 м.

При отсылке насыпи в летний сезон перегрузку рекомендуют снимать через 40 суток, при зимней отсылке — не ранее 1 августа следую-

\* Здесь и ниже строительные типы болот приводятся по классификации, разработанной в АЛТИ (А. А. Ткаченко. Дорожностроительная классификация болот. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962).

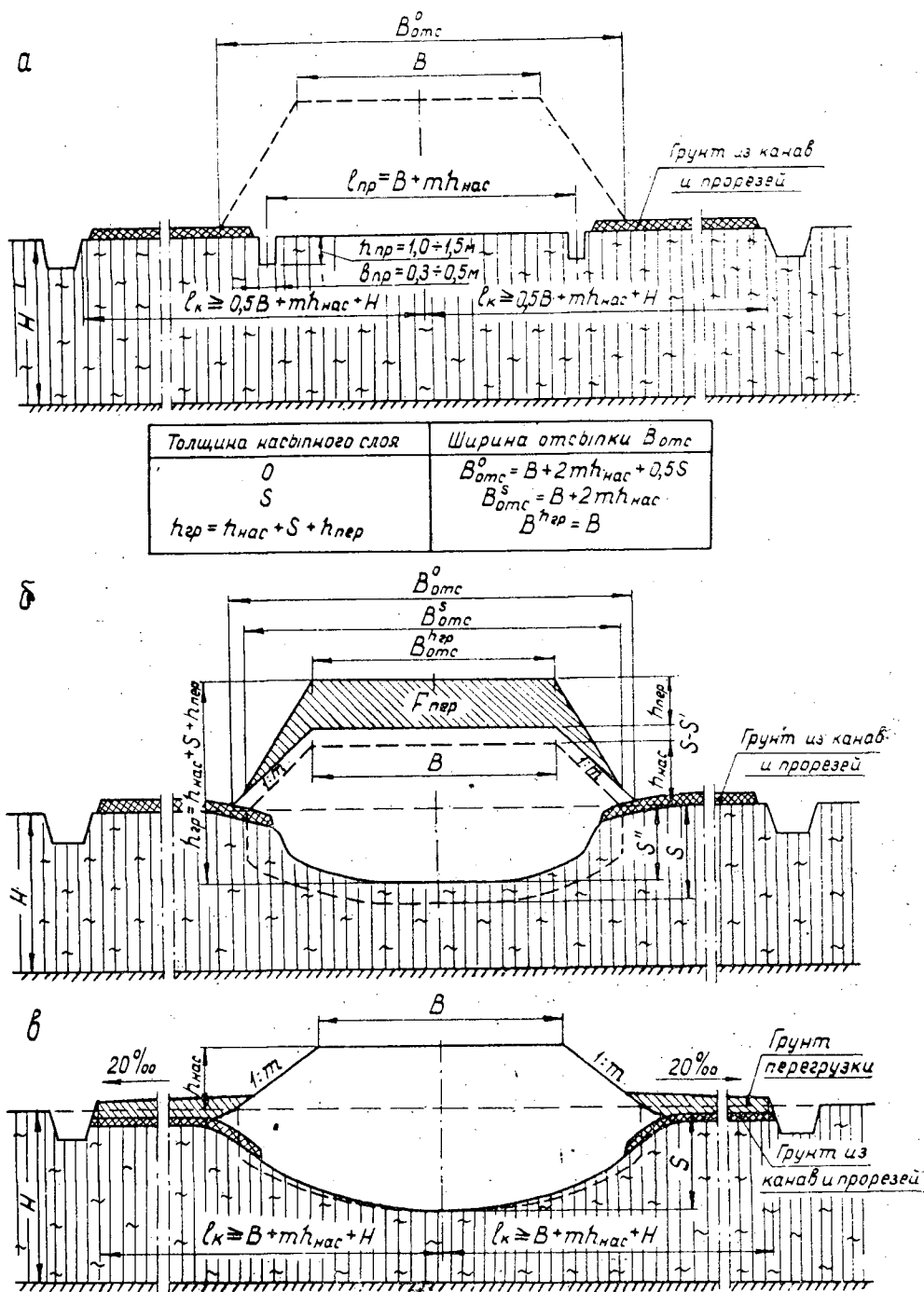


Рис. 4 Последовательность устройства земляного полотна на болотах I строительного типа.

а)  $B$  — проектная ширина насыпи по верху;  $h_{нас}$  — проектная высота насыпи;  $S$  — расчетная величина осадки насыпи;  $m$  — коэффициент заложения откосов проектируемой насыпи;  $h_{пер}$  — толщина слоя перегрузки; б)  $F_{пер} = h_{пер}(B + mh_{нас})$ ; пунктиром показано расчетное очертание насыпи и ее просевшей части; в) Примечание. Грунт перегрузки с основной площадкой укладывают в бермы лишь в том случае, если он не нужен на смежных участках строительства.

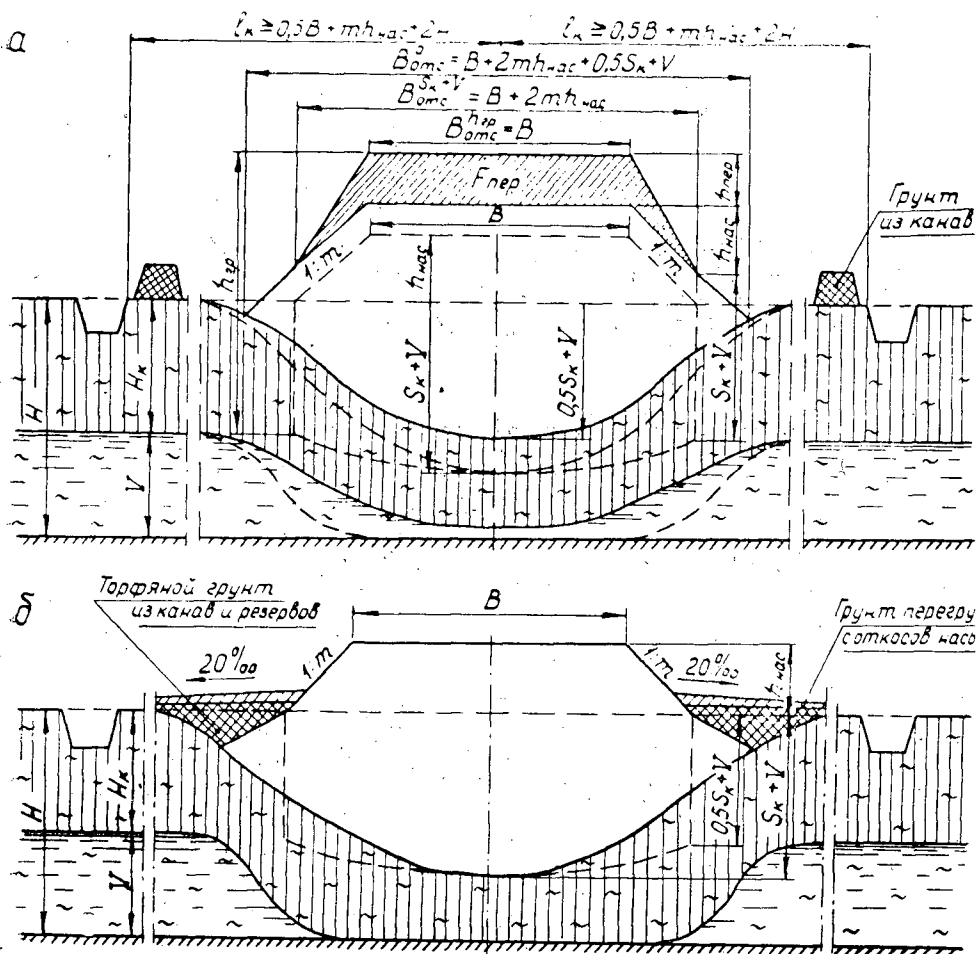


Рис. 5. Последовательность устройства земляного полотна на болотах II строительного типа.

а)  $F_{пер} = h_{пер} (B + mh_{нас})$ ; пунктиром показано расчетное и действительное положение насыпи и ее просевшей части после окончания стабилизации; б) пунктиром показано расчетное очертание просевшей части насыпи.

шего летнего сезона. При снятии перегрузки производят планировку насыпи под проектную отметку (рис. 4, в) и дальнейшие работы ведут по общим правилам производства дорожно-строительных работ.

Для болот II строительного типа порядок устройства земляного полотна показан на рис. 5 (а и б). Особенности производства работ по сравнению с предыдущим типом заключаются в том, что прорезы не устраивают, а начальная ширина отсыпки насыпи больше на величину, равную толщине пласта воды и жидких образований  $V$ . К толщине отсыпаемого слоя добавляется толщина слоя жидких образований. Кроме того, снятый грунт перегрузки следует перемещать за пределы земляного полотна на болоте, чтобы не перегружать торфяную кору. Исключение может быть допущено лишь для грунта, находящегося на откосах. Бермы же на болотах II типа следует устраивать из торфяного грунта, для того чтобы не перегружать торфяной коры.

На рис. 5, б показан поперечный профиль насыпи на болотах II типа после планировки его под устройство покрытия.

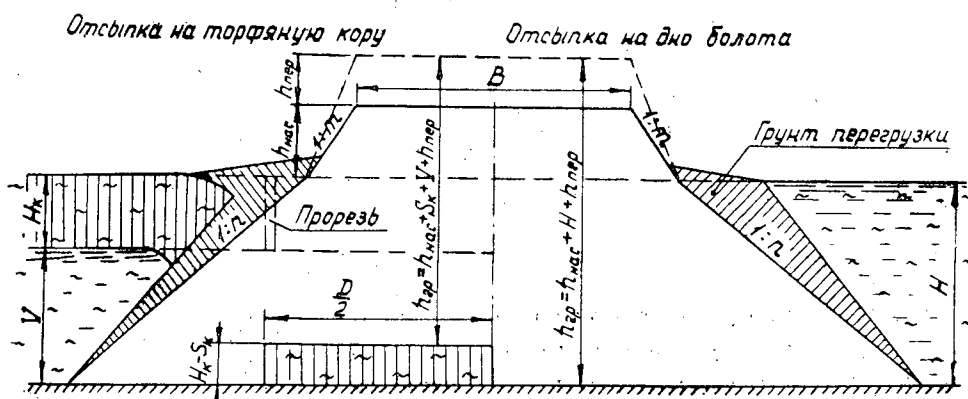


Рис. 6. Устройство земляного полотна на болотах III строительного типа.  $D = B + 2 m h_{нар} + n H_к$ .

На болотах III строительного типа (рис. 6) при толщине коры больше 1 м устраивают две прорези. Если кора (сплавина) тоньше 1 м, то ее до начала отсыпки необходимо разрыхлить. Отсыпaeмый слой на болотах данного типа принимают равным глубине болота, сложенной с проектной высотой насыпи и толщиной слоя перегрузки.

При определении объема земляных работ на болотах, где толщина коры больше 1 м, может быть учтена сжавшаяся часть ее.

Интенсивность отсыпки на болотах III типа должна быть возможно большей и, во всяком случае, не меньше 0,5—1,0 м в сутки. Это необходимо для обеспечения отжатия жидких образований из основания насыпи.

Работы по устройству покрытия на болотах II—III типов так же, как и I, после снятия перегрузки выполняют по общим правилам.

Строительство насыпей должно сопровождаться непрерывным контролем путем замеров ширины отсыпaeмой части насыпей, и толщины слоя грунта по рейкам, а также определением величины осадки путем нивелировки. Последние по окончании отсыпки в течение первых тридцати дней нужно проводить не реже раза в неделю, а в последние десять дней — один раз в два дня.

Насыпь считается стабилизировавшейся, если в течение последних десяти дней выдержки ее осадка не будет превышать 0,4—0,5 см.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] И. Е. Евгеньев. Земляное полотно автомобильных дорог на торфяных грунтах. Диссертация на соискание степени к. т. н. М., 1961 (рукопись). [2] Б. Сергиевский. Устройство дорог на болотах по методу перегрузки. Журн. «Дорога и автомобиль» № 10, 1934. [3] А. А. Ткаченко. О применении к торфу теории фильтрационной консолидации. Журн. «Основания, фундаменты и механика грунтов» № 2, 1963. [4] С. О. Браунер. Preconsolidation in highway construction over muskey. «Roads and engineering construction, Vol. 97, № 9, 1959. Canada. [5] «Sawdust Branket Floats Highway», The Timberman, november, 1960.

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЕЙ С ОДНОСКАТНЫМИ КОЛЕСАМИ

**Б. А. ИЛЬИН**

Доцент

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Практика эксплуатации автомобилей типа ЗИЛ-157 и других, имеющих односкатные колеса на всех осях, показала, что эти машины, отличаясь повышенной проходимостью на лесовозных усах, зимних снежных дорогах и по бездорожью, часто выводят из строя дорожные покрытия.

Одной из причин этого является недостаточный учет при проектировании особенностей воздействия односкатных колес на дорожную одежду и, как результат этого, занижение ее толщины.

Для выяснения этого вопроса определим величину вертикальной составляющей напряжений, возникающих в точках контакта поверхности земляного полотна с правыйной одеждой под действием односкатного и спаренного колес, несущих одинаковую напрузку и имеющих одинаковое давление воздуха в шинах.

Для этого удобно использовать разработанный М. Б. Корсунским [2] приближенный метод определения осадки одежды и распределения реактивных давлений на грунтовое основание в условиях пространственной задачи.

Спаренное колесо при этом будем рассматривать как два одиночных, расположенных на расстоянии  $S$  друг от друга (рис. 1).

Исходные данные и сам расчет приведены в табл. 1.

Таким образом, величина вертикальных напряжений, от которых непосредственно зависит осадка (деформация) одежды, при воздействии спаренного колеса получилась на 37% меньше, чем при воздействии односкатного. При увеличении толщины травийной одежды до 20 см разница в напряжениях снижается, составляя около 23,5%.

Примерное распределение напряжений на поверхности грунтового основания (то есть под слоем одежды) показано на рис. 1 (нижняя часть).

Расчеты позволяют отметить следующее:

1) непосредственно под односкатным или спаренным колесом, то есть на поверхности одежды напряжения равны удельному давлению колеса на дорогу;

2) по мере удаления от поверхности одежды величина вертикальных напряжений в одежде и грунте снижается, причем наиболее интенсивно под спаренным колесом;



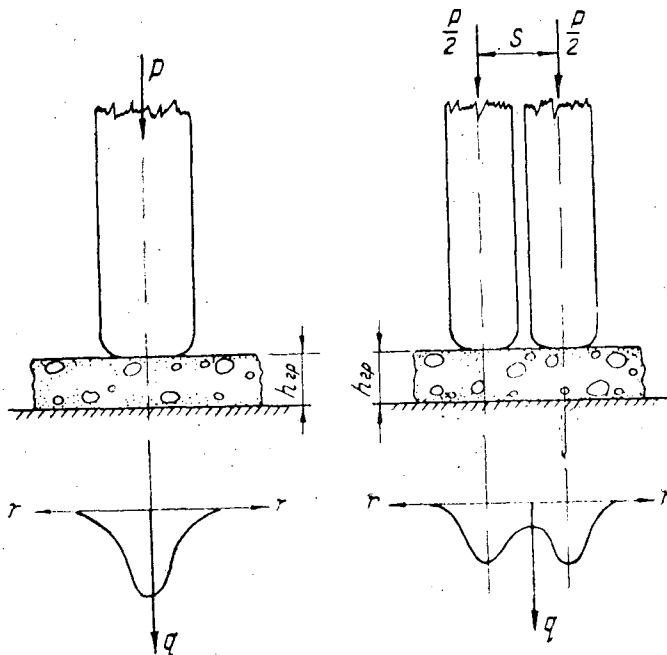


Рис. 1.

Таблица 1

Показатели и расчетные данные	Обозначения	Величина показателей	
		для одно- скатного колеса	для одной шины двух- скатного колеса
Модуль деформации грунтового основания, $кГ/см^2$ . . .	$E_0$	100	100
Модуль деформации гравийного материала, $кГ/см^2$ . . .	$E_1$	600	600
Нагрузка на одну шину, $Гк$ . . . . .	$P$	1900	950
Среднее удельное давление на дорогу, $кГ/см^2$ . . . . .	$p$	4	4
Толщина гравийной одежды, $см$ . . . . .	$h_{гр}$	15	15
Толщина эквивалентного слоя $h_{эк} = 1,1h_{гр} \sqrt{\frac{E_1}{E_0}}$ . . . . .	$h_{эк}$	29,5	29,5
Диаметр эквивалентного круга $D = \sqrt{\frac{4P}{3,14p}}$ , $см$ . . . . .	$D$	24,6	17,4
Отношение толщины эквивалентного слоя к диаметру эквивалентного круга . . . . .	$\frac{h_{эк}}{D}$	1,2	1,7
Расстояние между осями шин спаренного колеса, $см$ . . . . .	$S$	—	25
Отношение двойного расстояния между шинами спаренного колеса к диаметру эквивалентного круга . . . . .	$\frac{2S}{D}$	—	2,87
Величина максимальных напряжений, возникающих от действия одного колеса (вертикальная составляющая), $кГ/см^2$ . . . . .	$q'$	1,2	0,6
То же, но с учетом влияния соседней шины, $кГ/см^2$ . . . . .	$q$	—	0,76

Примечание. Значения напряжений определены по графикам, приведенным в работе М. Б. Корсунского.

3) в спаренном колесе влияние соседней шины на величину напряжений быстро уменьшается по мере увеличения расстояния между шинами;

4) вертикальная составляющая напряжений на поверхности грунтового основания одежды, возникающих от действия спаренного колеса,

значительно меньше, чем от действия односкатного колеса. Для практических значений толщины гравийной одежды (15—25 см) эта разница составляет в среднем около 25—35%.

Указанные выводы подтверждаются результатом исследований Спенглера [3] для нежестких одежд и Сперкса [3] — для жестких. Последний, в частности, установил, что напряжения в жесткой одежде при передаче нагрузки спаренным колесом автомобиля меньше примерно на 25%, чем при передаче одиночным.

Повышенный износ одежд на лесовозных дорогах объясняется также наличием шин повышенной проходимости, со специальным рисунком протектора, имеющего глубокие и широкие впадины, образующие грунтозацепы. Как показали исследования [4], на поверхности фактической площади соприкосновения протектора таких шин (размером 12,0—20,0) с поверхностью твердого покрытия дороги создаются значительные давления — до 9 кг/см<sup>2</sup>. Из этого следует вывод о том, что при расчете дорожных одежд на прочность необходимо учитывать тип ходовой части лесовозного автомобиля.

При работе автомобилей с односкатными колесами на всех осях необходимое увеличение толщины одежды можно установить на основе следующих соображений.

Из известной формулы Союздорнии [1]

$$q = \frac{P}{\left(1 + \frac{h_{\text{эк}}}{D}\right)^2} \text{ кг/см}^2$$

можно получить, что для спаренных колес

$$h_{\text{эк}} = D \left( \sqrt{\frac{p}{q}} - 1 \right) \text{ см.}$$

Так как для односкатных колес максимальная величина получается приблизительно на 30% больше, чем для спаренных, то при работе автомобилей с односкатными колесами толщина эквивалентного слоя должна быть равна

$$h'_{\text{эк}} = D \left( \sqrt{\frac{1,3p}{q}} - 1 \right) \text{ см.}$$

Разница в толщине эквивалентного слоя для обоих случаев составит

$$\Delta h_{\text{эк}} = 0,15D \sqrt{\frac{p}{q}} \text{ см}$$

Для гравийной одежды

$$h_{\text{эк}} = h_{\text{гр}} \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}} \text{ см,}$$

или по Корсунскому

$$h_{\text{эк}} \approx 1,1 h_{\text{гр}} \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_0}} \text{ см.}$$

С учетом этого необходимая дополнительная толщина слоя гравийной одежды при работе на дороге автомобилей с односкатными колесами определится так:

$$\Delta h_{\text{гр}} = 0,15D \sqrt{\frac{p}{q}} \cdot \sqrt[2,5]{\frac{E_0}{E_1}} \approx 0,136D \left(\frac{p}{q}\right)^{1/2} \left(\frac{E_0}{E_1}\right)^{1/2} \text{ см.}$$

При принятых выше значениях  $p$ ,  $D$ ,  $E_0$ ,  $E_1$  и при  $q = 0,8 \text{ кг/см}^2$ , толщина гравийной одежды должна быть увеличена на

$$\Delta h_{гр} = 0,136 \cdot 24,6 \cdot 2,24 \cdot 0,55 = 4,1 \text{ см.}$$

Практически при использовании методики Союздорнии для расчета одежд на лесовозных дорогах, где работают или будут работать автомобили с односкатными колесами на всех осях (ЗИЛ-157, ЗИЛ-131, МАЗ-502, КраЗ-214 и др.), неблагоприятное влияние односкатных колес на дорожную одежду можно учитывать путем увеличения полученного обычным расчетом требуемого модуля деформации на 25—35%, то есть по формуле

$$E_{тр} = 1,57 \frac{pD}{I_{доп}} [0,5 + 0,65 \log(N\gamma)] \mu k_x,$$

где  $k_x$  — коэффициент, учитывающий тип ходовой части автомобиля, равный 1,0 для спаренных колес и 1,25—1,35 — для односкатных.

Величину  $p$  в этой формуле следует принимать равной нормальному давлению воздуха в шинах (при езде по дорогам), умноженному на коэффициент 1,1—1,2, учитывающий жесткость покрышек, а величину  $D$  определять по формуле, приведенной в таблице.

Так как на износ одежды влияет протектор шин повышенной проходимости, с развитыми грунтозацепами, следует предусматривать сверх полученной по расчету толщины одежды еще слой износа в 2,5—3 см.

Для нормальной работы автомобильных лесовозных дорог необходимо правильно подбирать тип автомобиля и избегать применения машин с односкатными колесами в случае гравийных и других дорожных покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Иванов и др. Проектирование дорожных одежд. Автотрансиздат, 1955. [2]. Исследование прочности дорожных одежд. Под редакцией проф. Н. В. Орнатского, Автотрансиздат, 1959. [3]. Механика грунтов для инженеров-дорожников. Перевод с английского, под редакцией проф. В. Ф. Бабкова. Автотрансиздат, 1957. [4]. С. М. Цукерберг и др. Шины для автомобилей повышенной проходимости. Госхимиздат, 1960.

Поступила в редакцию  
9 апреля 1963 г.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРИМЕРЗАНИЕ САНЕЙ

Н. Г. БЕРЕЖНОВ

Старший преподаватель

(Алтайский сельскохозяйственный институт)

Вопрос рационального использования санно-тракторных агрегатов при работе в зимних условиях играет немаловажную роль. Главное при этом — повышение производительности агрегатов и снижение себестоимости тракторных транспортных работ.

Известно, что сопротивление санных прицепов движению меньше, чем колесных и гусеничных. Основным недостатком существующих санных прицепов является резкое увеличение сопротивления сдвигу при трогании их с места, которое связано с преодолением статической нагрузки и примерзания саней к снегу и льду. Последнее обычно характеризуется коэффициентом примерзания  $\varphi$ , то есть отношением усилия  $P$ , кг, необходимого для трогания саней с места, к весу груза (вместе с санями)  $Q$ , кг

$$\varphi = \frac{P}{Q}.$$

Этот коэффициент, по данным Н. С. Ветчинкина [1] и А. А. Крживицкого [3], в 7—10 раз больше, чем коэффициент трения скольжения  $f$ .

Автор изучал вопрос примерзания саней и зависимость величины коэффициента примерзания от различных факторов. Экспериментальную работу проводили на моделях в лабораторных условиях в камерах холода опытного холодильника Всесоюзного научно-исследовательского института холодильной промышленности (НИХИ) и проверяли в полевых условиях на санно-тракторном агрегате.

Изучали зависимость коэффициента примерзания  $\varphi$  от температуры воздуха, материала подрезов и времени неподвижного контакта. В качестве скользящих поверхностей (подрезов) брали нержавеющей сталь, дюралюминий, медь, бук, дуб, капрон, полиуретан, фторопласт-4, полиэтилен низкого и высокого давлений различных марок, полипропилен и сополимер этиленпропилена.

Исследования проводили на мелкозернистом снеге плотностью  $0,28 \div 0,34 \text{ г/см}^3$  и при удельных давлениях  $0,3 \div 0,4 \text{ кг/см}^2$ .

При лабораторных исследованиях применяли прибор акад. В. А. Желиговского и трибометр Кулона. При определении силы примерзания на трибометре Кулона испытываемую модель протаскивали по снегу с помощью нити, перекинутой через блок. Трение блока, вращающегося на шарикоподшипнике, настолько мало, что им можно пренебречь. За малостью трения также не вводили в расчет жесткость шнура.

Во избежание добавочного прижимающего или отрывающего момента нить между блоком и моделью была всегда горизонтальна.

При определении коэффициента примерзания тяговый груз постепенно увеличивали до тех пор, пока модель не начинала передвигаться.

Время неподвижного контакта составляло от 1 до 60 мин; температура окружающего воздуха была 0, -2, -5, -10, -20, -25, -30, -35, -40, -50°С. Величину  $P$  определяли с пятикратной повторностью.

В полевых условиях применяли пружинный динамограф системы В. П. Горячкина.

Известно, что при скольжении саней по снегу происходит затрата энергии. В результате трения материалов о снег в нем происходит деформация, связанная с нарушением строения кристаллов, вследствие чего выделяется некоторое количество тепла, которое оплавляет снег, образуя на его поверхности тончайшую пленку влаги; последняя играет роль смазки, уменьшая величину коэффициента трения. Толщина водной пленки зависит от многих факторов (температуры, удельного давления, материала, скорости движения и др.). При остановках жидкая пленка влаги замерзает, образуя слой льда, который играет роль клея между материалом и снегом (или льдом).

Зависимость коэффициента примерзания скользящих материалов о снег от температуры представлена на рис. 1.

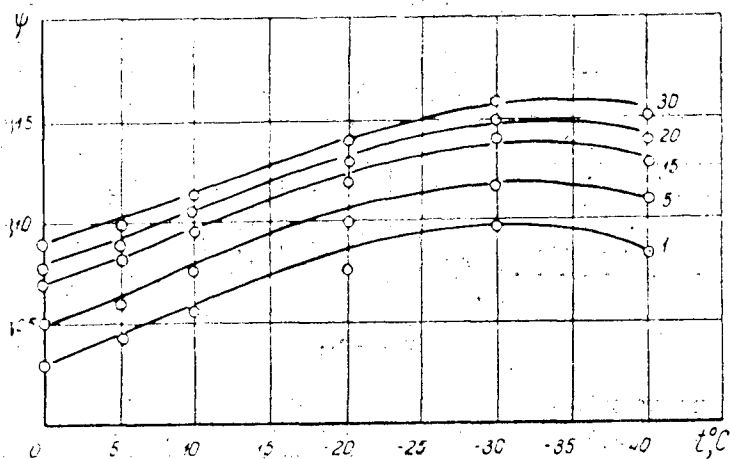


Рис. 1. Зависимость коэффициента примерзания (сдвига) саней с капроновыми подрезами от температуры, 1; 5; 15; 20; 30 — время контакта, мин.

Из рисунка видно, что с понижением температуры величина коэффициента  $\varphi$  изменяется криволинейно с явно выраженным максимумом при  $-30$ — $-35$ °С. С дальнейшим понижением температуры (при данном удельном давлении) величина коэффициента понижается.

Известно [4], что в зависимости от температуры окружающего воздуха меняются физико-механические свойства снега. С понижением температуры по толщине снега создается перепад, в результате которого внутри его слоя протекают потоки паров. Интенсивность этого процесса различна. Чем ниже температура снега, тем меньше его способность к оплавлению, тем большее давление и работу нужно затратить, чтобы расплавить определенное количество кристаллов.

По данным С. Л. Горбунова [2], при температуре  $-12$ °С жидкая фаза воды в снеге почти отсутствует.

Снижение коэффициента примерзания происходит вследствие уменьшения жидкой пленки, образованной в результате работы трения и отсутствия выноса паров влаги на поверхность снега. Пары влаги конденсируются и замерзают в снежной толще.

Следует отметить, что при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже идет резкое нарастание величины коэффициента трения. При этих температурах и удельных давлениях  $0,3-0,4 \text{ кг/см}^2$  происходит сухое трение.

В результате математической обработки экспериментальных данных была получена эмпирическая зависимость для определения сопротивления примерзания от температуры

$$P = Q \left( \alpha + \beta \sin \frac{2\pi t}{n} - k \cos \frac{2\pi t}{n} \right),$$

где  $t$  — температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\alpha$ ;  $\beta$ ;  $k$  — константы;  
 $n$  — диапазон температур,  $^{\circ}\text{C}$ .

Величина коэффициента примерзания в зависимости от температуры определится так:

$$\varphi = \alpha + \beta \sin \frac{2\pi t}{n} - k \cos \frac{2\pi t}{n}.$$

Для иллюстрации приведем данные эксперимента, полученные при продолжительности неподвижного контакта 15 мин (табл. 1).

Таблица 1

Наименование материала	Величина коэффициента примерзания при температуре $^{\circ}\text{C}$				
	-5	-10	-20	-30	-40
Фторопласт-4 . . . . .	0,025	0,032	0,041	0,050	0,044
Капрон . . . . .	0,048	0,055	0,065	0,078	0,075
Нержавеющая сталь . . . . .	0,066	0,072	0,082	0,093	0,090
Бук . . . . .	0,125	0,133	0,148	0,163	0,158

### Выводы

1. Величина коэффициента примерзания в зависимости от температуры изменяется криволинейно, имея явно выраженный максимум.
2. Характер зависимости коэффициента  $\varphi$  для испытуемых материалов одинаков.
3. Наименьшую величину коэффициента  $\varphi$  имеют пластмассы.
4. Применение пластмасс снижает величину  $\varphi$  в 2—3 раза по сравнению с подрезами из нержавеющей стали и деревянными.
5. Применение пластмасс снижает величину примерзания, но не исключает его полностью.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. С. Ветчинкин. Автопакторная тяга на лесотранспорте. Гослестехиздат, М., 1948. [2]. А. Л. Горбунов. К теории упрочения снега. Сб. материалов по строительству и эксплуатации аэродромов, вып. 3—4 (16—17), М., 1947. [3]. А. А. Крижицкий. Снегоходные машины. Машгиз, 1949. [4]. Г. Д. Рихтер. Снежный покров, его формирование и свойства. Изд-во АН СССР, 1945.

Поступила в редакцию  
3 мая 1963 г.

## О ПУТЯХ МЕХАНИЗАЦИИ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Г. М. ПАРФЕНОВ

Доцент

Л. М. САЛАНГИНА

Инженер

(Уральский лесотехнический институт)

Трелевка леса во всем лесозаготовительном процессе является наиболее трудоемкой операцией.

Основными путями преодоления трудностей до сих пор являлись сокращение расстояния трелевки и увеличение мощности трелевочных тракторов. Первое приводит к значительному увеличению количества верхних складов и протяженности усов лесовозной дороги. Подробное рассмотрение этого вопроса дано в другой нашей работе [3], из которой видно, что оптимальным является расстояние 200—300 м. В большинстве лесозаготовительных предприятий в последние годы при подвозке древесины к автодорогам расстояние трелевки составляет 250—400 м, то есть близко к оптимальному.

Второй путь — увеличение мощности трелевочных тракторов. Известно, что сейчас в лесу работают ТДТ-40 и ТДТ-60. Начинают поступать тракторы ТДТ-75, С-80 и С-100, готовятся еще более мощные трелевочные тракторы.

Увеличение мощности мотора ведет к повышению рейсовой нагрузки, а при определенных условиях и сменной выработки, чем достигается некоторый рост комплексной выработки на рабочего. В ряде литературных источников при описании новых более мощных тракторов делаются выводы, что их производительность возрастает пропорционально росту мощности [1]. Такие утверждения не соответствуют действительности. Опыт показал, что с ростом рейсовой нагрузки время формирования пакета на лесосеке и отщепки хлыстов на верхнем складе увеличивается, так как растет число хлыстов или деревьев. Так, при формировании воза объемом 12—16 м<sup>3</sup> на прицепку каждого хлыста, вершина которого удалена от трактора не более чем на 10 м, затрачивают 0,2—0,4 мин, против 0,8—1,5 мин для хлыста, удаленного на 30—40 м. Таким образом, чем больше объем воза, тем большую площадь лесосеки необходимо охватить для его сбора, тем больше затрачивается времени на прицепку каждого хлыста в отдельности.

От редакции. Объем грунта, вынимаемого экскаватором на единице площади, примерно в 100 раз превышает объем древесины, который может собрать на такой же площади кран при рекомендуемой автором технологии. Поэтому выводы автора статьи о возможности резкого увеличения производительности крана по аналогии с экскаваторами нельзя признать достаточно убедительными.

Все эти особенности теперь учтены в нормах [2]. Нормативы времени на один рейс для трактора С-80 определены следующими эмпирическими формулами:

а) на чокеровку и набор воза

$$T_2 = 5,0 + 0,5a + \frac{175}{A} \text{ мин};$$

б) на отцепку и снятие чокеров

$$T_3 = 1,6 + 0,06a + 0,5Q_n \text{ мин},$$

где  $a$  — количество деревьев, вывозимых трактором за рейс, шт.;

$$a = \frac{Q_n}{V_{\text{ср}}},$$

$V_{\text{ср}}$  — средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;

$A$  — запас древесины,  $\text{м}^3$  на 1 га;

$Q_n$  — величина рейсовой нагрузки,  $\text{м}^3$ .

При крупнопакетной погрузке в нормах предусмотрены затраты времени  $T_4$  в пределах 2,5—2,7 мин на 1  $\text{м}^3$ .

Норму выработки в  $\text{м}^3$  на машино-смену определяют по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{(420 - t_{\text{п.з}}) \cdot Q_n}{t_{\text{дв}} + T_2 + T_3 + T_4 Q_n} \text{ м}^3. \quad (1)$$

При замене  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  их значениями и  $\frac{Q_n}{V_{\text{ср}}}$  величиной  $a$ , получим

$$P_{\text{см}} = \frac{(420 - t_{\text{п.з}}) a \cdot V_{\text{ср}}}{t_{\text{дв}} + 6,6 + a(3,2V_{\text{ср}} + K V_{\text{сб}} + 0,46)} \text{ м}^3, \quad (2)$$

где  $K = \frac{175}{A}$ ;

$t_{\text{дв}}$  — время движения тракторов с грузом и обратно, мин.

На основании опытных данных и формул (1), (2) составлен график зависимости сменной выработки трелевочно-погрузочного трактора от рейсовой нагрузки (рис. 1) при работе малой комплексной бригады (расстояние трелевки 200—300 м). По кривым графика видно, что сменная выработка на трактор растет далеко не пропорционально росту нагрузки на рейс, зависящей от мощности трелевочного трактора.

Известно, что зимние условия более благоприятны для повышения нагрузки на рейс, чем летние, ввиду значительного уменьшения сопротивления движению при трелевке, но и в этих условиях при увеличении мощности трактора с 60 до 75 л. с. рейсовая нагрузка возрастает с 11,5 до 15,5  $\text{м}^3$ , а сменная выработка трактора с 56,7 до 61  $\text{м}^3$  (при  $v_{\text{ср}} = 0,5 \text{ м}^3$ ). Приведенные данные говорят о том, что при существующем составе малых комплексных бригад увеличение мощности тракторов не может дать должного эффекта. Опыт показывает, что при эксплуатации мощных тракторов сменную выработку можно значительно увеличить, если в бригаду включить дополнительного рабочего-прицепщика. Но и в этом случае характер кривых сохраняется, и при увеличении рейсовой нагрузки свыше 20  $\text{м}^3$  рост сменной выработки становится незначительным, чтобы оправдать дальнейшее увеличение мощности трелевочно-погрузочных тракторов. Чтобы повысить сменную выработку мощного трактора, можно было бы включить в комплексную бригаду второго рабочего-прицепщика. В ряде предприятий Урала и Сибири такая практика имела место в 1945—1955 гг., но была отвергнута, так как не оправдала себя. Ранее было отмечено, что для лесонасаждений со сред-



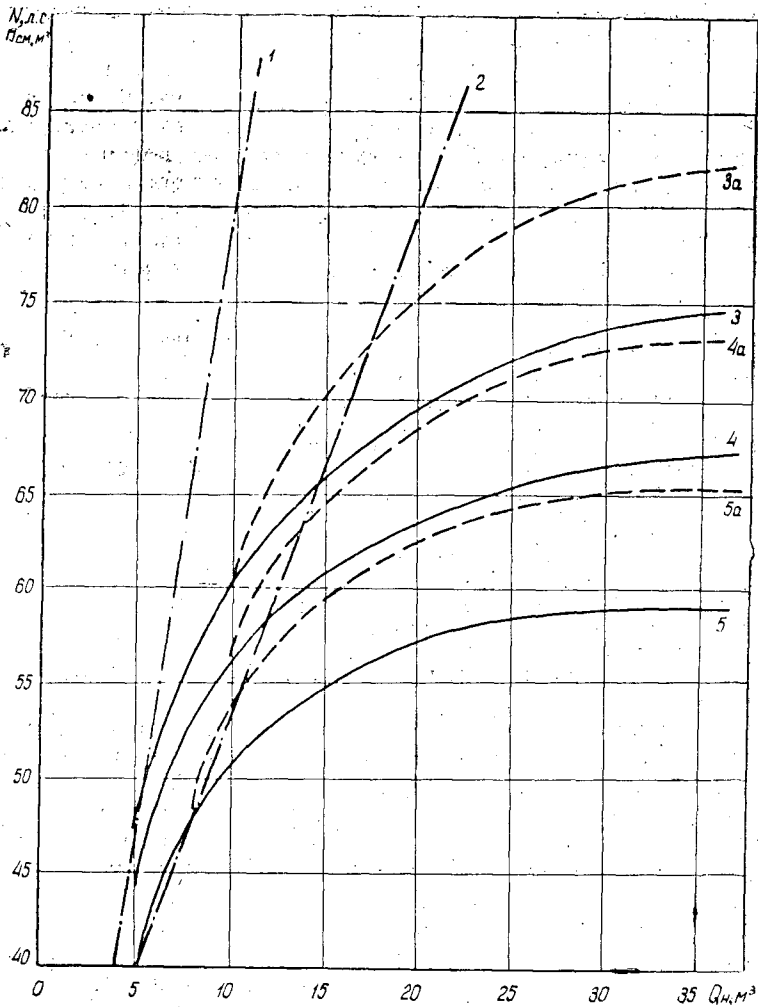


Рис. 1

1 — линия изменения потребляемой мощности трактора летом; 2 — то же зимой; 3 — кривая изменения сменной выработки трактора при  $V_{ср} = 1 \text{ м}^3$ ; 4 — то же при  $V_{ср} = 0,49 \text{ м}^3$ ; 5 — то же при  $V_{ср} = 0,33 \text{ м}^3$ ; 3а; 4а; 5а — то же, но при включении в бригаду дополнительного рабочего-прицепщика.

ним объемом хлыста  $1 \text{ м}^3$  и ниже увеличение рейсовой нагрузки более  $20 \text{ м}^3$  не дает должного эффекта. В то же время известно, что при трелевке леса тракторами С-100 и С-140 рейсовая нагрузка достигла  $25 \text{ м}^3$ . Таким образом, лесозаготовители уже подходят к рубежу, когда дальнейшее увеличение мощности тракторов при существующей технологии не дает желаемого роста сменной выработки.

Рекомендуют увеличить скорости движения за счет повышения мощности тракторов, но забывают, что движение занимает 10—15% времени рейса. При увеличении скорости даже в два раза сменная выработка возрастает всего на 5—7%. Таким образом, существующая технология лесозаготовок уже не имеет широких возможностей для резкого увеличения производительности труда. Чтобы выполнить задания двадцатилетнего плана, лесозаготовителям требуется увеличить производитель-

ность труда минимум в 5 раз и достичь комплексной выработки на человека 1700—2000 м<sup>3</sup> в год.

Нами разработана, предложена и в течение 15 лет испытана новая технология лесозаготовок с применением бестрелевочной вывозки леса.

Противники этого способа вывозки считают, что при этом потребуются большие затраты средств и рабочей силы для подготовки путей на лесосеке. Исследования показали, что такие утверждения ошибочны.

В действительности затраты рабочей силы и средств на подготовку лесосеки, строительство волоков, усов, на их содержание и ремонт в осенне-зимний период на 1000 м<sup>3</sup> при прочих равных условиях выглядят следующим образом:

	Чел.-дней	Руб.
При существующей технологии (вывозка с трелевкой) . . . . .	35—38	150—180
При бестрелевочной вывозке леса на однополосных саях при неглубоком снежном покрове . . . . .	17—19	230—240
При бестрелевочной вывозке по мерзлому прунпу, без снега, при неглубоком снежном покрове, и летом из лесосек с твердым грунтом на колесных сменных прицепах . . . . .	13—16	140—150
При бестрелевочной вывозке леса на однополосных саях при глубоком снежном покрове по уплотненному снежному дорожному покрытию . . . . .	13—15	70—75

В летний период подбирают лесосеки с более твердым грунтом, а при возникновении трудностей передвижения прицепов по усам при бестрелевочной вывозке к ним прицепляют тягачи. При таком методе седельные прицепы на усах перемещаются тракторами, а на ветках и магистралах — автомашинами [3]. При бестрелевочной вывозке леса не менее важна погрузка сваленных деревьев, непосредственно от пня.

После длительных исследований для погрузки деревьев или хлыстов непосредственно от пня на подвижной состав нами в 1953 г. предложен кран КСГ. Технология использования крана на лесосеке показана на рис. 2\*. В течение восьми лет многократно высказывали мнение о том, что конструкция крана с ломающейся стрелой и самозахватной головкой даже в принципе неработоспособна.

Вопрос этот является принципиально важным, а поэтому рассмотрим его более подробно.

Хорошо известно, что до перехода на крупнопакетную погрузку древесины основным погрузочным механизмом на верхних складах (особенно автодорог) являлся кран. В настоящее время существует мнение, что кран дает очень низкую сменную выработку. Если без должного анализа рассматривать сменную выработку кранов типа К-31, К-32, К-51, экскаватора Э-505 с крановым оборудованием и других, то замечания приходится признать справедливыми. Если произвести подробный анализ работы крана в течение смены и разобрать цикл крана на погрузке леса, то сразу же возникает вопрос, почему при земляных работах экскаватор Э-505 на один цикл затрачивает 13—18 сек, а при погрузке древесины 5—8 мин. Рассмотрим распределение прямых затрат рабочего времени крана, полученных с помощью хронометражных наблюдений.

\* Подробное описание конструкции крана с демонстрацией чертежей, за исключением схемы автоматизации (рис. 3), дано в другой нашей работе [3].

	Мин	%
Закрепление стропов . . . . .	1,15	18,9
Отпускание блока . . . . .	0,33	5,4
Оттаскивание троса . . . . .	0,46	7,5
Надевание стропов на крюк крана . . . . .	0,15	2,5
Подтаскивание пачки . . . . .	0,61	10,0
Подъем пачки . . . . .	0,20	3,3
Поворот крана с грузом . . . . .	0,30	4,9
Раскачивание, останавливание и опускание пачки . . . . .	1,10	18,0
Укладка пачки на возу . . . . .	1,00	16,5
Отцепка и освобождение стропов . . . . .	0,70	11,4
Обратный поворот крана . . . . .	0,10	1,6
Итого по циклу . . . . .	6,1	100

Если сравнить затраты времени крана при погрузке древесины и экскаватора Э-505 на земляных работах, то можно наблюдать аналогично по следующим элементам цикла: надевание стропов на крюк крана (у экскаватора зачерпывание); подъем пачки (подъем стрелы с ковшем); поворот крана с грузом; обратный поворот крана.

В сумме эти операции составляют 12,3% продолжительности рабочего цикла. Остальные 87,7% рабочего времени кран бездействует, так как в это время хлысты привязывают, отвязывают и т. д. Следует отметить, что подъем пачки и поворот груза краном осуществляется в три раза медленнее, чем экскаватором, так как первая операция связана с медленным наматыванием тросов на барабаны, а вторую нельзя ускорить из-за раскачивания хлыстов, висящих на длинных стропях. Если устранить раскачивание груза и ускорить его подъем, то продолжительность машинного времени цикла крана сократится до 6% и займет 20—30 сек. Наблюдения, проведенные ЦНИИМЭ, показывают, что непроизводительные простои составляют в среднем 33% рабочего времени и складываются из следующих элементов: отсутствие подвижного состава и древесины на погрузочной площадке, несвоевременная доставка рабочих, расчистка препятствий на дороге, неисправность погрузочного механизма и трособлочного оборудования.

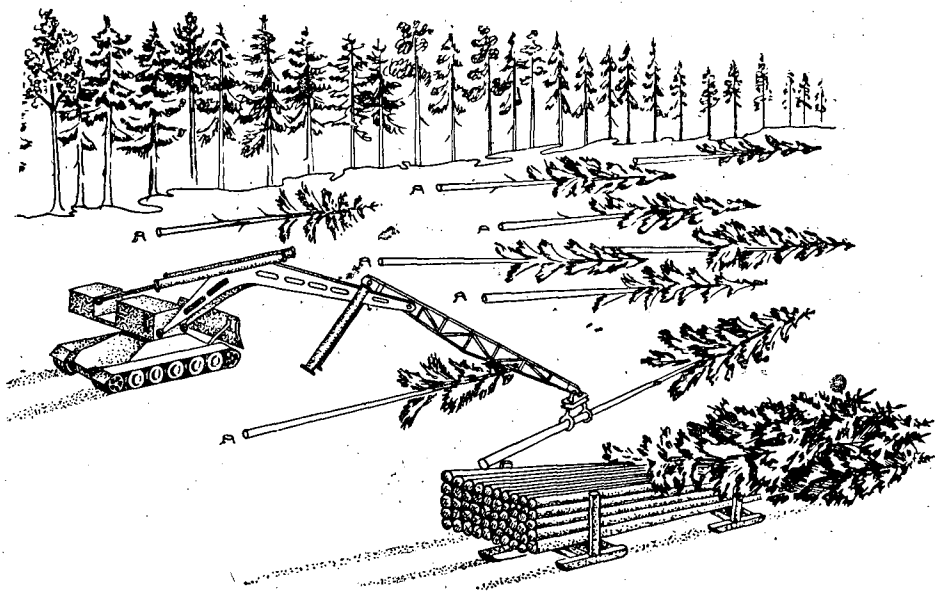


Рис. 2. Кран КСГ на погрузке деревьев от пня.

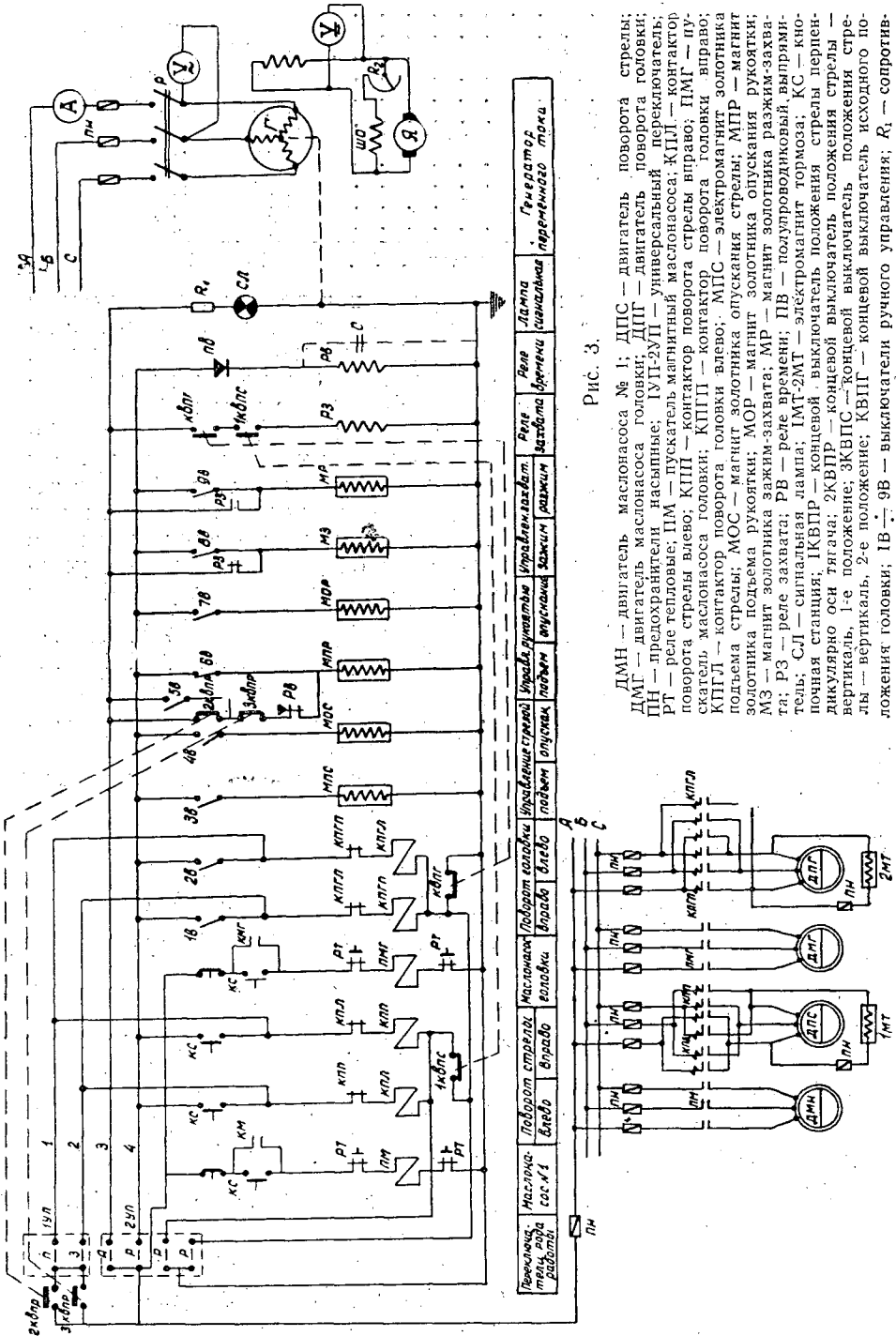


Рис. 3.

ДМН — двигатель маслонасоса № 1; ДПС — двигатель поворота стрелы; ДМГ — двигатель маслонасоса головки; ДПГ — двигатель поворота головки; ПН — предохранители насыпные; ЮП-2УП — универсальный переключатель; РТ — реле тепловые; ПМ — пускатель магнитный маслонасоса; КПЛ — контактор поворота стрелы влево; КПП — контактор поворота стрелы вправо; КВЛ — пускатель маслонасоса головки; КППЛ — контактор поворота головки вправо; КППВЛ — контактор поворота головки влево; МПС — электромагнит золотника подема стрелы; МОС — магнит золотника опускания стрелы; МПР — магнит золотника подъема рукоятки; МОР — магнит золотника опускания рукоятки; МЗ — магнит золотника зажим-захвата; МР — магнит золотника разжим-захвата; РЗ — реле времени; РВ — реле времени; ПВ — подпружиненный выжиматель; СЛ — сигнальная лампа; ПМ-2МГ — электромагнит тормоза; КС — конечная станция; КВЛПР — концевой выключатель положения стрелы перпендикулярно оси тягача; КВЛПВ — концевой выключатель положения стрелы вертикали, 1-е положение; КВЛПС — концевой выключатель положения стрелы — вертикали, 2-е положение; КВЛПЗ — концевой выключатель исходного положения головки; ВВ — 9В — выключатели ручного управления; Р<sub>1</sub> — сопротивление; С — электрический конденсатор. Буквы, поставленные между контактами у переключателей рода работы, означают, при каком режиме работы данные контакты замыкаются; Р — ручной режим; А — автоматический; П — работа на переднем полукруге; З — работа на заднем полукруге.

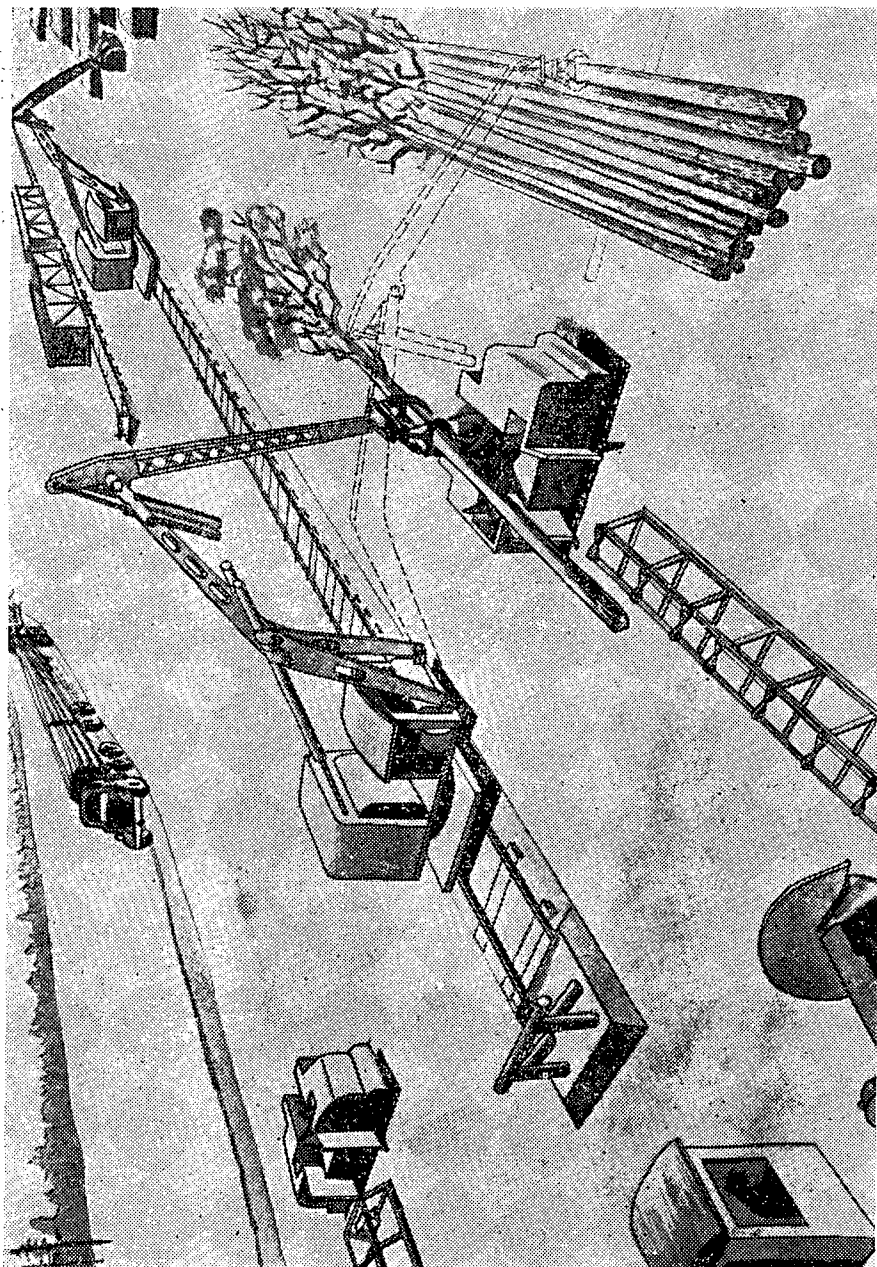


Рис. 4. Кран КСГ на поштучной загрузке деревьев в сучкообрубочные агрегаты.

Низкая, по сравнению с Э-505, сменная выработка кранов на погрузке леса объясняется плохой организацией производственного процесса, а также недостатком конструкции захватных органов.

При разработке конструкции крана КСГ прежде всего были учтены конструктивные недостатки захватных приспособлений существующих кранов, используемых на погрузке леса. Жесткий захват хлыста при помощи самозахватной грейферной вращающейся головки крана КСГ позволяет до минимума сократить время захвата груза и освобождения его при разгрузке и обеспечить максимальную скорость вращения стрелы с грузом.

Управление краном автоматизировано, схема автоматизации приведена на рис. 3. Все это позволяет сократить цикл до 20—30 сек.

Краны КСГ наилучшим образом обеспечивают поштучную подачу деревьев к любым агрегатам на нижнем складе, причем один кран обеспечивает загрузку двух-трех сучкообрубочных или других агрегатов (рис. 4). Опыт использования кранов типа КСГ на американских разделочных складах показал, что с их помощью один крановщик успешно перегружает или погружает коротье из накопителей в вагоны или на буферные площадки.

Широкое внедрение новой технологии лесозаготовок с использованием кранов типа КСГ при бестрелевочной вывозке леса даст возможность повысить комплексную выработку на человека и обезличенную машину в 4—5 раза, то есть достичь тех показателей, которых требует Программа КПСС.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. И. Воронин и др. Тракторы Алтайского завода. Журн. «Лесная промышленность» № 3, 1962. [2]. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовках. Гослесбумиздат, 1960. [3]. Г. М. Парфенов. Бестрелевочная вывозка леса тракторами и автомашинами, Гослесбумиздат, 1961.

Поступила в редакцию  
3 июня 1963 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ ОБ ОБОСНОВАНИИ МОЩНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ  
СТОЛЯРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Н. О. НЕХАМКИН

Доцент

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Согласно существующему положению проекты должны быть составлены в соответствии с перспективным планом развития народного хозяйства и на основе технико-экономического обоснования целесообразности намечаемого строительства или реконструкции. При этом следует исходить из целесообразности преимущественного строительства крупных и средних предприятий (особенно для столярно-механических производств, выпускающих готовые изделия и монтажные узлы). В таких предприятиях можно провести специализацию продукции; осуществить переход к выпуску массовой однотипной, сходной по технологии продукции, глубоко механизировать и автоматизировать производство, добиться улучшения использования сырья.

С другой стороны, проектирование крупных и средних предприятий может привести к необходимости вывоза выпускаемой продукции за пределы пункта производства и даже в некоторых случаях за пределы экономического района. Поэтому встает вопрос об установлении оптимальной мощности проектируемого предприятия, увязанной с радиусом распространения готовой продукции.

Эту задачу можно решить камерально на основе данных о спросе и потреблении готовой продукции и некоторых отправных предположений, которые должны рекомендовать экономисты.

*1 вариант.* Исходя из предположения, что стоимость готовой продукции в пункте завоза (потребления) должна быть минимальной, решаем следующую задачу.

Считаем, что потребление продукции происходит равномерно по всей площади района, в который ее завозят. Количество потребляемых единиц продукции (отдельных изделий, наборов, комплектов, блоков) на единицу площади обозначим через

$$\delta \left( \frac{\text{шт.}}{\text{км}^2 \text{ год}} \right).$$

Условно считаем, что район потребления ограничен окружностью, в центре которой находится пункт производства 0 (рис. 1).

Примем обозначения:

$R$  — радиус окружности, км;

$F$  — площадь района, км<sup>2</sup>;

$q$  — вес одного изделия, Т/шт.

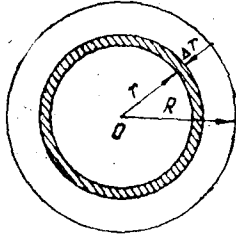


Рис. 1.

Тогда годовая производственная программа

$$P = \pi R^2 \delta \quad (\text{шт./год}). \quad (1,1)$$

Вес перевозимых за год грузов

$$G = \pi R^2 \delta q \quad (\text{т/год}). \quad (1,2)$$

Определим средний радиус перевозок по площади района. Площадь заштрихованного кольца равна

$$\pi (r + \Delta r)^2 - \pi r^2 \approx 2\pi r \Delta r \quad (\text{км}^2).$$

Потребность в изделиях для этой площадки составит

$$2\pi r \Delta r \delta \quad (\text{шт./год}).$$

Перевозки к ней равны

$$2\pi r^2 \Delta r \delta q \left( \frac{\text{Т.км}}{\text{год}} \right).$$

Все перевозки по площади  $F$  составят

$$\int_0^R 2\pi \delta q r^2 dr = \frac{2}{3} \pi R^3 \delta q \left( \frac{\text{Т.км}}{\text{год}} \right). \quad (1,3)$$

Средний радиус перевозок  $R_{\text{ср}}$  определяем, как частное от деления выражений (1, 3) на (1, 2).

$$R_{\text{ср}} = \frac{2\pi R^3 \delta q}{3\pi R^2 \delta q} = \frac{2}{3} R. \quad (1,4)$$

Стоимость одного изделия франко-пункт потребления (руб.)

$$L = p + \frac{C}{P} + tq R_{\text{ср}} + t_1 q, \quad (1,5)$$

где  $p$  — составная часть себестоимости одного изделия в рублях, включающая стоимость сырья, заработную плату и накладные расходы, зависящие от объема производства («условно переменный расход»);

$C$  — накладные расходы в рублях, не зависящие от объема программы («условно постоянный расход»);

$t$  — тариф в рублях за перевозку автотранспортом одной тонны на один километр;

$t_1$  — тариф в рублях на погрузочно-разгрузочные работы.

Учитывая выражения (1, 1) и (1, 4), получим

$$L = p + \frac{C}{P} + tq \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi \delta}} + t_1 q. \quad (1,5)$$



Отсюда ясно, что

$$L = f(P).$$

Дифференцируя это равенство и принимая  $\frac{dL}{dP} = 0$ , определяем выражение для оптимальной программы

$$P_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\frac{9\pi\delta C^2}{t^2 q^2}}, \text{ (шт. изделий в год)} \quad (1,6)$$

Следовательно,

$$R = \sqrt[3]{\frac{3C}{tq\pi\delta}}, \quad (1,7)$$

где  $R$  — оптимальный радиус перевозок в км, определяющий площадь распространения продукции, вырабатываемой в пункте производства  $O$ .

*Пример.* Для площади с плотностью населения в 160 чел./км<sup>2</sup> определяем примерную потребность в шкафах  $\delta = 5$  шт./км<sup>2</sup> год. Принимаем  $C = 40\,000$  руб./год;  $q = 0,2$  Т/шт.;  $t = 0,068$   $\frac{\text{руб.}}{\text{Ткм}}$  при  $R \geq 100$  км; при  $R < 100$  км надо вводить поправки, повышающие  $t$  (например, для  $R = 80$  км поправка равна 1,08).

Определяем

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 40000}{1,08 \cdot 0,068 \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 5}} = 81 \text{ км};$$

$F \approx 20\,000$  км<sup>2</sup> (примерно Донецкая область);

$P_{\text{оптимальное}} \approx 100\,000$  шкафов/год.

*2 вариант.* Оставляем те же условия, что и в предыдущем случае, но пункт расположения предприятия, производящего столярные изделия, выбираем вне района потребления на расстоянии  $a$  км от центра круга — площади района потребления (рис. 2).  $F = \pi R^2$ .

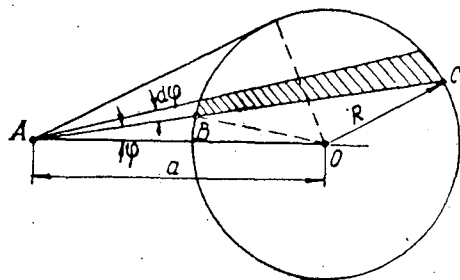


Рис. 3.

Прежде всего определяем средний радиус перевозок

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\iint \rho dF}{F}. \quad (2,1)$$

Этот двойной интеграл можно вычислить в конечном виде через полные эллиптические интегралы.

Введем обозначения:  $AB = r_1(\varphi)$

$AC = r_2(\varphi)$

$$\iint \rho dF = 2 \int_0^{\arcsin \frac{R}{a}} d\varphi \int_{r_1(\varphi)}^{r_2(\varphi)} \rho^2 d\rho = \frac{2}{3} \int_0^{\arcsin \frac{R}{a}} [r_2^3(\varphi) - r_1^3(\varphi)] d\varphi. \quad (2,2)$$

Пользуясь равенством

$$R^2 = r^2(\varphi) + a^2 - 2r(\varphi) \cdot a \cos \varphi,$$

из квадратного уравнения

$$r^2(\varphi) - 2a \cos \varphi r(\varphi) + a^2 - R^2 = 0$$

определяем

$$r_1(\varphi) = a \cos \varphi - \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + R^2 - a^2};$$

$$r_2(\varphi) = a \cos \varphi + \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + R^2 - a^2},$$

откуда

$$r_2(\varphi) - r_1(\varphi) = 2\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + R^2 - a^2};$$

$$r_2^3(\varphi) - r_1^3(\varphi) = 2(4a^2 \cos^2 \varphi + R^2 - a^2) \sqrt{R^2 - a^2 \sin^2 \varphi}.$$

Следовательно,

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{4}{3\pi R^2} \int_0^{\arcsin \frac{R}{a}} (4a^2 \cos^2 \varphi + R^2 - a^2) \sqrt{R^2 - a^2 \sin^2 \varphi} d\varphi. \quad (2,3)$$

Преобразуем выражение (2, 3), введя следующие обозначения:

$$K = \frac{R}{a}, \quad \sin \varphi = K \sin \psi \quad \text{и} \quad \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \psi} = \Delta.$$

В результате преобразований получим

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{16a}{3\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta \cos^2 \psi d\psi + \frac{4a(K^2 - 1)}{3\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \psi}{\Delta} d\psi. \quad (2,4)$$

$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \psi}{\Delta} d\psi$  — полный эллиптический интеграл, который обозначают через  $B^*$ .

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta \cos^2 \psi d\psi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1 - K^2 \sin^2 \psi}{\Delta} \cos^2 \psi d\psi =$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \psi}{\Delta} d\psi - K^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1 - \cos^2 \psi}{\Delta} \cos^2 \psi d\psi =$$

$$= B(1 - K^2) + K^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^4 \psi}{\Delta} d\psi. \quad (2,5)$$

\* Е. Янке и Ф. Эмде. Таблицы функций с формулами и кривыми. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949, стр. 172.

Последний интеграл  $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^4 \psi}{\Delta} d\psi$  определяем, пользуясь формулой, приведенной И. М. Рыжиком \*,

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^4 \psi}{\Delta} d\psi = \frac{2}{3} \frac{2K^2 - 1}{K^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \psi}{\Delta} d\psi + \frac{1}{3} \frac{1 - K^2}{K^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\Delta} \quad (2,6)$$

$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\Delta}$  обозначим через  $K^*$ , причем  $K^* = \frac{E - K^2 B}{1 - K^2}$ , где буквой  $E$

назван полный эллиптический интеграл  $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \psi} \cdot d\psi$ .

Таким образом

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^4 \psi}{\Delta} d\psi = \frac{2}{3} \cdot \frac{2K^2 - 1}{K^2} B + \frac{E - K^2 B}{3K^2} \quad (2,7)$$

Выражение (2, 5) преобразуем в

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta \cos^2 \psi d\psi = B(1 - K^2) + \frac{2}{3} (2K^2 - 1) B + \frac{E - K^2 B}{3K^2}, \quad (2,8)$$

а  $\rho_{\text{ср}}$  получит следующее значение

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{4a}{3\pi} \left[ \frac{4}{9} E + \left( \frac{1}{3} + K^2 \right) B \right]. \quad (2,9)$$

Используя разложение в ряды по возрастающим степеням ( $K^2 \leq 1$ ), можно записать

$$E = \frac{\pi}{2} - \pi \frac{K^2}{8} - \frac{3\pi}{2} \left( \frac{K^2}{8} \right)^2 - 5\pi \left( \frac{K^2}{8} \right)^3 - \dots;$$

$$B = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} \frac{K^2}{8} + \frac{3\pi}{4} \left( \frac{K^2}{8} \right)^2 + \frac{25}{8} \left( \frac{K^2}{8} \right)^3 + \dots$$

Подставляя значения  $E$  и  $B$  в выражение (2, 9) и ограничиваясь двумя первыми членами полученного результата, получим

$$\rho_{\text{ср}} = a \left( 1 + \frac{K^2}{8} \right). \quad (2,10)$$

Преобразуем уравнение (1, 5), пользуясь выражением (2, 10),

$$L = p + \frac{C}{P} + atq + \frac{Ptq}{8a\pi^2} + t_1 q \quad (2,11)$$

и из равенства  $\frac{dL}{dP} = 0$  получим

\* И. М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов и производений. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948, стр. 94.

$$P_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{8\pi a \delta C}{tq}} \quad (2,12)$$

и

$$R = \sqrt[4]{\frac{8aC}{tq\pi\delta}} \quad (2,13)$$

Пример.  $C = 60000$  руб./год;  $a = 300$  км;  $\delta = 2 \frac{\text{шт. шкафов}}{\text{км}^2 \text{ год}}$ ;  
 $q = 0,2$  Т/шт.;  $t = 0,068$  руб./Ткм;

$$R = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 300 \cdot 60000}{0,068 \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 2}} = 200 \text{ км}$$

$$\pi R^2 = 62500 \text{ км}^2$$

$P = 125.000$  шкафов в год.

3 вариант. Для определения оптимальной программы и соответствующей ей площади распространения готовой продукции исходим из принципа рентабельности предприятия. Предлагаемый ниже метод решения поставленной задачи применим в тех случаях, когда  $K^2$  в формуле (2, 10) — малая величина,  $r_{\text{ср}} \approx a = \text{Const}$  и нет смысла производить исследование  $P$  на экстремум.

Рассмотрим довольно распространенный случай, когда предприятие, производящее столярные изделия, находится на удалении от района потребления на некотором расстоянии  $a$  (км). Условно примем, что это предприятие находится в центре круга  $O$ ; в этот круг входит район потребления площадью  $F$  в виде кругового сегмента. Доставка продукции в пункты потребления проектируется по радиусам-векторам из  $O$  (рис. 3). В данном случае под условным названием прибыль можно понимать отрицательную разность между стоимостью готовой продукции франко-пункт потребления, доставляемой по радиусу-вектору из  $O$ , и ее стоимостью при доставке в распределительный пункт  $A$ , находящийся от  $O$  на расстоянии  $a$  (км) и последующей доставке из  $A$  в пункты потребления на площади  $F$ .

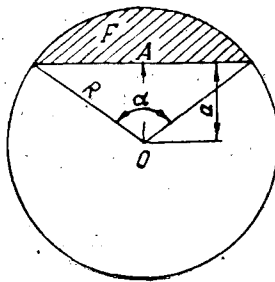


Рис. 5.

Кроме прежних обозначений, дополнительно введем  $\gamma$  — отпускную стоимость одного изделия франко-склад фабрики.

Рентабельность предприятия  $Q$  руб./год определяем следующим образом

$$Q = F\delta\gamma - Fp\delta - C - F\delta qtR_{\text{ср}} - F\delta qt_1 =$$

$$= F(\delta\gamma - p\delta - \delta qt_1) - C - F\delta qtR_{\text{ср}}. \quad (3,1)$$

По предыдущему,  $R_{\text{ср}} = \frac{\iint \rho dF}{F}$ , а следовательно,

$$F \delta q t R_{\text{ср}} = \delta q t \iint \rho dF$$

и

$$Q = F(\delta\gamma - p\delta - \delta q t_1) - C - \delta q t \iint \rho dF. \quad (3,2)$$

Выражаем площадь  $F$  через  $R$

$$F = \frac{R^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) = R^2 \arccos \frac{a}{R} - a \sqrt{R^2 - a^2}. \quad (3,3)$$

Так как  $Q = f(R)$ , то оптимальное значение  $R$  определяем из равенства  $\frac{dQ}{dR} = 0$

$$\frac{dQ}{dR} = (\delta\gamma - p\delta - \delta q t_1) \frac{dF}{dR} - \delta q t \frac{d \iint \rho dF}{dR}. \quad (3,4)$$

Из формулы (3,3) видно, что

$$\frac{dF}{dR} = 2R \arccos \frac{a}{R} + \frac{R^2}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}}} \frac{a}{R^2} - \frac{aR}{\sqrt{R^2 - a^2}} = 2R \arccos \frac{a}{R}. \quad (3,5)$$

Далее выражаем

$$\iint \rho dF = 2 \int_a^R \rho^2 d\rho \int_{\arcsin \frac{a}{\rho}}^{\frac{\pi}{2}} d\varphi = \pi \int_a^R \rho^2 d\rho - 2 \int_a^R \rho^2 \arcsin \frac{a}{\rho} d\rho. \quad (3,6)$$

отсюда

$$\frac{d \iint \rho dF}{dR} = \pi R^2 - 2R^2 \arcsin \frac{a}{R}. \quad (3,7)$$

Но  $\arcsin \frac{a}{R} = \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{a}{R}$ , следовательно, выражение (3,7)

принимает вид

$$\frac{d \iint \rho dF}{dR} = \pi R^2 - 2R^2 \left( \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{a}{R} \right) = 2R^2 \arccos \frac{a}{R}.$$

Таким образом

$$\frac{dQ}{dR} = 0 = (\delta\gamma - p\delta - \delta q t_1) 2R \arccos \frac{a}{R} - \delta q t 2R^2 \arccos \frac{a}{R}$$

или

$$\delta\gamma - p\delta - \delta q t_1 - R \delta q t = 0,$$

откуда

$$R_{\text{опт}} = \frac{\gamma - p - q t_1}{q t}. \quad (3,8)$$

$F$  определяем из выражения  $F = \frac{R^2}{2} (\alpha - \sin \alpha)$ , после чего определяем  $P = \delta F$ .

*Пример.* Мебельная фабрика, выпускающая плутоклеенные стулья, расположена в пункте производства О.

Принимаем  $\delta = 15 \frac{\text{шт}}{\text{км}^2 \text{ год}}$ ;  $\gamma - p = 0,25 \text{ руб./шт.}$ ;  $q = 0,007 \frac{T}{\text{шт.}}$ ;  
 $t = 0,068 \frac{\text{руб.}}{T \cdot \text{км}}$ ;  $t_1 = 2,0 \frac{\text{руб.}}{T}$ ;  $a = 400 \text{ км}$ .

$$R = \frac{0,25 - 0,007 \cdot 2}{0,007 \cdot 0,068} \approx 500 \text{ км}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{400}{500} = 0,8; \quad \frac{\alpha}{2} = 28^\circ; \quad \alpha = 56^\circ; \quad \alpha = \frac{56}{180} \pi = 0,98; \quad \sin \alpha = 0,83;$$

$$\alpha - \sin \alpha = 0,15;$$

$$F = \frac{500^2}{2} \cdot 0,15 \approx 19000 \text{ км}^2;$$

$$P_{\text{опт}} = 19000 \times 15 = 300000 \text{ стульев в год.}$$

*4 вариант.* Как известно, действующая инструкция указывает, что производственную мощность мебельных предприятий следует определять по формуле

$$\pi = \frac{F}{f} \cdot \frac{T}{t},$$

где  $F$  — производственная площадь предприятия,  $\text{м}^2$ ;  
 $f$  — норма площади на станок или рабочее место,  $\text{м}^2$ ;  
 $T$  — годовой расчетный фонд времени,  $\text{час.}$ ;  
 $t$  — станко-часы или часы основного рабочего на одно изделие.

Таким образом, размерность  $\pi$  — штуки изделий в год.

Для величины  $f$  инструкция дает определенные постоянные нормативы, зависящие от рода продукции и этапа технологического процесса. Величина  $F$  в инструкции принята такой, как это обычно приводится в ряде учебников. Уточнено лишь, что открытые площадки, отдельно выделенные склады полуфабрикатов и изделий, расположенные вне цеховых помещений, в расчет этой величины не принимаются.

Обозначим через  $L$  и  $B$  длину и ширину (в метрах) цеха без проходов, а через  $l$  — длину поперечных и через  $b$  — ширину продольных проходов.

Площадь под проходами составит

$$(L + l)(B + b) - LB = Lb + Bl + lb,$$

а отношение площади проходов к используемой

$$y = \frac{Lb + Bl + lb}{LB}. \quad (4,1)$$

Обычно  $B = nL$ , где  $n < 1$ .

С другой стороны  $\pi = KLB = KnL^2$ , откуда  $L = \sqrt{\frac{\pi}{Kn}}$ .

Преобразуем выражение (4, 1)

$$y = \frac{Lb + nLl + bl}{L^2n} = \frac{b}{Ln} + \frac{e}{L} + \frac{bl}{L^2n}. \quad (4,2)$$

Рассмотрим случай, когда  $n$  близко к единице

$$y_1 = \frac{b}{L} + \frac{e}{L} + \frac{bl}{L^2}. \quad (4,3)$$

Отсюда ясно, что  $y_1 < y$ , что предопределяет целесообразность блокирования цехов.

Еще раз преобразуем выражение (4, 2)

$$y = \frac{b + nl}{n \sqrt{\frac{\pi}{Kn}}} + \frac{bIK}{\pi} \quad (4,4)$$

Введем следующие обозначения

$$A = \frac{b + nl}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{K} \text{ и } B = bIK.$$

Тогда

$$y = \frac{A}{\sqrt{\pi}} + \frac{B}{\pi}.$$

Отсюда видно, что  $y$ , то есть отношение площади проходов к используемой площади (площади нетто), зависит от производственной мощности. Эта зависимость выражается кривой третьего порядка. Графически она представляет убывающую кривую (рис. 4), то есть с ростом программы удельное значение проходов довольно резко падает и тем лучше, следовательно, используется общая площадь.

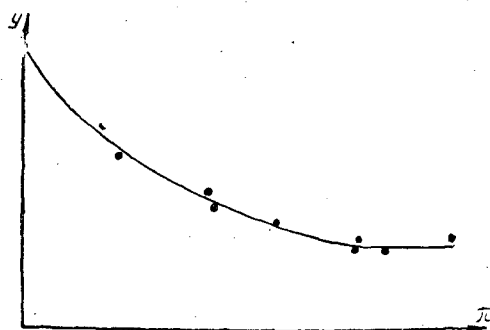


Рис. 4.

Следовательно, если  $\pi_1 > \pi_2$ , соответствующие им площади равны  $F_1$  и  $F_2$ , то  $\frac{F_1}{\pi_1} < \frac{F_2}{\pi_2}$  и, наоборот,  $K_1 > K_2$ , то есть съём с единицы полезной площади не является величиной постоянной, а возрастающей с ростом программы. В этом направлении до определенного предела вдобавок действует фактор уменьшения с ростом программы числа станков, приходящихся на единицу продукции при максимальной их загрузке.

Отсюда следует, что для выявления мощности деревообрабатывающих предприятий, выпускающих столярные изделия, нельзя пользоваться постоянными величинами для  $f$ , указанными в инструкции, а надо дифференцированно выявить показатели съёма с одного квадратного метра полезной площади, а также площадь на станок и рабочее место в зависимости от объема программы.

Поступила в редакцию  
5 июня 1963 г.

## О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО СМЕШИВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

М. М. ЦЫВИН

Аспирант

(ЦНИИМОД)

Известно, что процесс смешивания стружек со связующим — один из решающих в технологии производства стружечных плит. Широкие исследования этих процессов были проведены в Центральном научно-исследовательском институте механической обработки древесины в 1961—1962 гг.

При этом было установлено, что качество распыливания связующего (величина среднего диаметра капель и угол конусности) пневматическими форсунками зависит от его вязкости и весового отношения расхода воздуха к расходу связующего  $\frac{G}{Q}$ . С увеличением отношения  $\frac{G}{Q}$  и уменьшением вязкости средний диаметр капель уменьшается, а угол конусности возрастает. Для изготовления стружечных плит необходимо применять смолу 50—60% концентрации, как обладающую более низкой вязкостью, а следовательно, и способностью лучше распыляться. Оптимальное отношение  $\frac{G}{Q}$  (для смолы вязкостью до 20° В-36) равно  $2,0 \div 3,0$ .

Проведенная работа ставила своей целью определить основные факторы, влияющие на качество смешивания. Зная характер влияния этих факторов, можно добиться повышения качества смешивания и тем самым снижения расхода связующих при сохранении тех же физико-механических свойств стружечных плит.

### Теоретические предпосылки

Для того чтобы достичь максимальных показателей физико-механических свойств стружечных плит, необходимо (при прочих постоянных факторах) равномерно покрыть связующим все древесные частицы.

В. Клаудитц\* предложил формулу, позволяющую определить удельную поверхность стружки, исходя из ее толщины,

$$F_y = \frac{0,2}{\gamma_0 d}, \quad (1)$$

\* W. Klauditz. Untersuchungen auf dem Gebiet der Spanplatten. Holz-Zbl., 1960, Bd. 86, № 85, 16. VII. S. 1195—1197.



где  $F_y$  — удельная поверхность стружки,  $\frac{м^2}{100 Г \text{ а.с.д.}}$ ;  
 $\gamma_0$  — плотность древесины,  $Г/см^3$ ;  
 $d$  — толщина стружки,  $мм$ .

Исходя из этой формулы, можно определить удельное количество связующего (сухого остатка) в  $Г/м^2$ .

$$C_n = \frac{C_b}{F_y}, \quad (2)$$

где  $C_b$  — удельное количество связующего,  $Г/100 Г$  древесины.

Подставив значение  $F_y$  из формулы (1) в выражение (2), получим

$$C_n = \frac{C_b \cdot \gamma_0 \cdot d}{0,2}. \quad (3)$$

При современных методах нанесения связующего невозможно добиться того, чтобы на каждую стружку оно было нанесено в точном соответствии с площадью ее поверхности, то есть равное  $C_n$ .

Установим, какие факторы влияют на распределение связующего. Для этого необходимо прибегнуть к ряду допущений.

Предположим, что стружки проходят с равномерной скоростью через зону распыливания в виде сплошной однослойной завесы (не перекрывают друг друга), причем их торцовые поверхности перпендикулярны плоскости распыливания, то есть угол между поверхностью стружки и плоскостью распыливания равен нулю. В таком случае покрытие стружки связующим будет проходить в плоском сечении конуса распыливания. Допустим, что сечение представляет прямоугольник. При этих условиях, учитывая, что расход связующего в единицу времени не изменяется, каждая стружка будет покрыта им в точном соответствии с рассчитанным по формуле, то есть вероятностью покрытия  $\rightarrow 1$ .

Удельное количество связующего на единицу поверхности в единицу времени,  $Г/сек \text{ м}^2$

$$C'_{n_i} = \frac{C''_{n_i}}{F}, \quad (4)$$

где  $C''_{n_i}$  — расход связующего в единицу времени,  $Г/сек$ ;

$F$  — площадь плоскости распыливания.

При постоянной скорости  $v$  отдельная стружка находится в плоскости распыливания определенное время

$$t_1 = \frac{L}{v} \text{ сек}, \quad (5)$$

где  $L$  — длина плоскости распыливания.

За это время связующее будет нанесено на стружку, общая площадь поверхности которой равна площади плоскости распыливания.

Очевидно, что время, потребное для покрытия всей поверхности стружки (определенного веса  $G$ ), равно

$$t = \frac{F_1}{F} \cdot t_1, \quad (6)$$

где  $F_1$  — площадь поверхности стружки.

Выражая эту площадь через вес, получим

$$t = \frac{G_{стр} \cdot t_1}{\gamma_0 \cdot d \cdot F}, \quad (7)$$

откуда

$$t_1 = \frac{t \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot F}{G_{\text{стр}}} \quad (8)$$

За одно прохождение через площадь распыливания на отдельную стружку попадет следующее количество связующего:

$$C_{n_1} = C'_n \cdot t_1. \quad (9)$$

За время  $t$  стружка совершит  $n$  проходов через площадь распыливания, причем

$$n = t \cdot v, \quad (10)$$

где  $v$  — скорость перемещения стружки в плоскости распыливания.

Полное покрытие стружки расчетным  $C_n$

$$C_n = C_{n_1} \cdot n. \quad (11)$$

Подставляя в уравнение (11) значения  $C_{n_1}$  и  $n$  из формул (9) и (10), получим

$$C_n = \frac{t^2 \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot F \cdot v}{G_{\text{стр}}} \cdot C'_n. \quad (12)$$

Таким образом, если мы имеем стружку определенной плотности и толщины, то, исходя из принятой гипотезы, равномерность нанесения связующего можно улучшить при повышении времени нанесения связующего, уменьшении веса стружки, повышении скорости прохождения ее через конус распыливания и увеличении площади распыливания.

Для экспериментальной проверки выведенных нами положений в качестве переменных факторов были приняты: качество распыливания\*; длительность нанесения связующего; скорость вращения стружки в смесителе; вес стружки, запружаемой в смеситель (изменение площади поверхности стружки).

### Методика проведения экспериментов

Для проведения испытаний были изготовлены однослойные плиты (размером  $620 \times 510 \times 10$  мм) из стружки наружного и внутреннего слоя (толщина 0,2 и 0,3 мм), полученной на станках Клайпедского фанерного завода. Смешивание стружки со связующим производили в экспериментальном смесителе, где была предусмотрена возможность изменения качества распыливания, длительности нанесения связующего, скорости вращения стружки. Применяли смолу МФ-17 50%-ной концентрации с 10%-ным раствором хлористого аммония в качестве отвердителя. Плиты (плотностью  $0,7 \text{ г/см}^3$ ) прессовали на гидравлическом универсальном четырехколонном прессе усилием 1 Мн (марки ПА-454) по следующему режиму: удельное давление 15—20 бар, температура прессования  $413^\circ \text{K}$ , время выдержки 0,6 мин на 1 мм толщины плиты. Изготовленные плиты раскраивали на образцы (после выдержки в течение пяти суток при относительной влажности воздуха 65%).

Испытания на предел прочности при статическом изгибе и при растяжении (перпендикулярно плоскости плиты), определение плотности и

\* При изменении этого качества одновременно изменяются угол конусности (площадь распыливания) и величина капель. Разграничения влияния этих показателей осуществить не представляется возможным.

влажности проводили по проекту нового ГОСТа «Плиты стружечные — Методы физико-механических испытаний», разработанного лабораторией физико-механических испытаний ЦНИИМОДа.

Серии опытов проводили таким образом, чтобы выявить влияние качества распыливания и одного из других факторов распределения связующего по древесным частицам, при прочих равных условиях.

### Результаты экспериментов

Длительность нанесения связующего. Для смесителей периодического действия длительность нанесения связующего зависит от процента добавления смолы к весу сухих древесных частиц, вязкости связующего, коэффициента расхода форсунки. Для смесителей непрерывного действия эта длительность определяется временем прохождения стружки через смеситель

$$t = \frac{L}{v_L},$$

где  $L$  — длина смесителя;

$v_L$  — скорость прохождения стружки через зону распыливания.

Зависимость прочности на статический изгиб от длительности нанесения связующего представлена на графике (рис. 1).

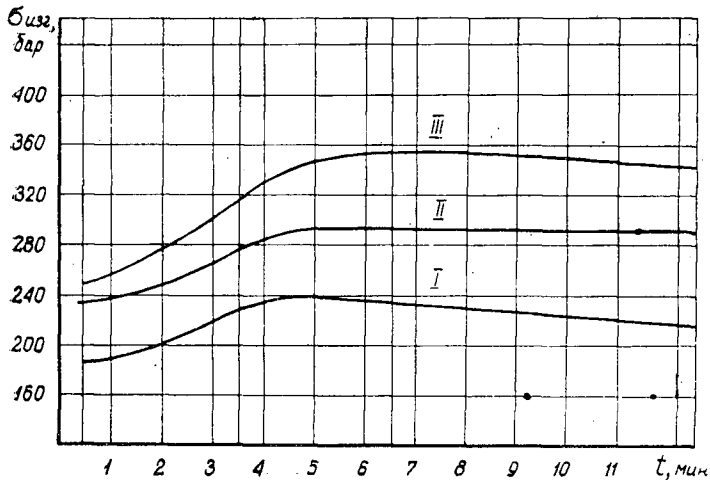


Рис. 1. Зависимость предела прочности на статический изгиб от длительности нанесения связующего.

$$I - \frac{Q}{Q} = 0,45; \quad II - \frac{Q}{Q} = 1,5; \quad III - \frac{Q}{Q} = 2,4.$$

Прочность на изгиб растет при повышении длительности смешивания до 5—6 мин, дальнейшее повышение не приводит к увеличению прочности, наоборот, она несколько снижается, что можно объяснить измельчением стружки от длительного воздействия лопастей смесителя.

Следовательно, при увеличении времени нанесения связующего до 5—6 мин равномерность распределения связующего улучшается, а при дальнейшем повышении эффективного изменения распределения связующего не происходит.

Значительно изменяется (рис. 2) при повышении длительности нанесения связующего предел прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты). Этот показатель характеризует качество склеивания стружек.

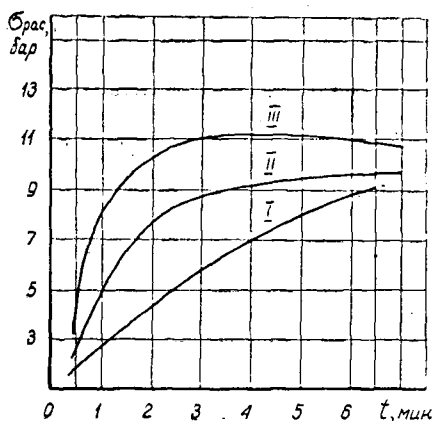


Рис. 2. Зависимость предела прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) от длительности нанесения связующего.

$$I - \frac{G}{Q} = 0,45; II - \frac{G}{Q} = 1,5; III - \frac{G}{Q} = 2,4.$$

Так, при  $\frac{G}{Q} = 2,4$  прочность плит на растяжение увеличивается более чем в 3 раза при повышении времени нанесения связующего от 0,5 до 5,0 мин. Из этого следует, что клеевой шов между стружками становится более плотным (за счет повышения равномерности распределения связующего), и количество непроклеенных стружек снижается.

Анализируя кривые на рис. 2, можно сделать вывод, что особенно резко изменяется предел прочности плит на растяжение в зависимости от длительности нанесения связующего при плохом распыливании ( $\frac{G}{Q} = 0,45$ ,  $\sigma_{\text{рас}}$  изменяется от 1,8 бар при 0,5 мин до 9 бар при 6,5 мин).

Это объясняется тем, что при плохом распыливании угол конусности мал, связующее распыливается на крупные и неоднородные капли, а при малом времени нанесения связующего вероятность попадания в конус распыливания и равномерность покрытия снижаются.

Для проверки предположения о переходе связующего со стружек, получивших его в избытке, на стружки, мало покрытые или совсем не покрытые связующим при дополнительном перемешивании, был проделан следующий опыт: при  $\frac{G}{Q} = 2,4$  и времени нанесения, равном 3 мин, стружку дополнительно перемешивали в смесителе с отключенной форсункой в течение 1, 3 и 5 мин. Время нанесения связующего 3 мин было выбрано с таким расчетом, чтобы распределение связующего не достигло своей оптимальной величины (см. рис. 2), то есть, чтобы имелась гарантия того, что часть стружек была покрыта связующим с избытком, а часть — недостаточно.

Как видно из графика на рис. 3, прочность плит при дополнительном перемешивании в течение 3 мин повышается с 281 до 313 бар. При дальнейшем повышении времени перемешивания прочность плит снижается за счет измельчения стружечного материала. Однако в то время, как при дополнительном перемешивании в течение 3 мин прочность плит составила  $\sigma_{\text{изг}} = 313$  бар, при таком же времени непосредственного нанесения связующего, равного 6 мин, она (рис. 1) достигла

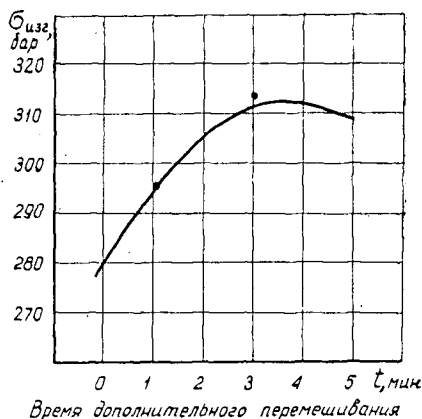


Рис. 3. Изменение прочности плит в зависимости от времени дополнительного перемешивания.

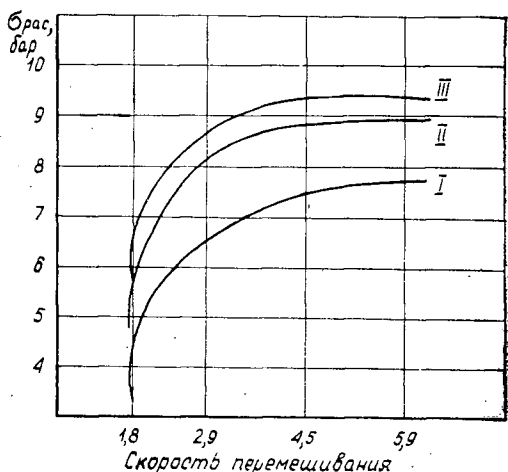
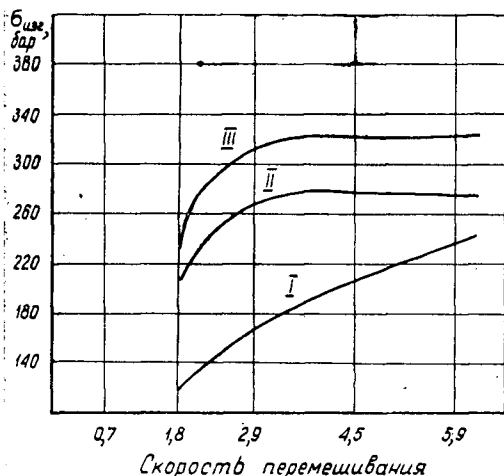


Рис. 4. Зависимость предела прочности на статический изгиб от скорости перемешивания.

Рис. 5. Зависимость предела прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) от скорости перемешивания.

$$I - \frac{G}{Q} = 0,45; II - \frac{G}{Q} = 1,5; III - \frac{G}{Q} = 2,4$$

$$I - \frac{G}{Q} = 0,45; II - \frac{G}{Q} = 1,5; III - \frac{G}{Q} = 2,4.$$

362 бар. Следовательно, дополнительное перемешивание, хотя и улучшает распределение связующего, однако не в той мере, как это происходит при непосредственном нанесении связующего на стружки.

Скорость перемешивания. На рис. 4 и 5 представлены зависимости пределов прочности плит на статический изгиб и растяжение от числа оборотов лопастного вала смесителя.

Согласно теоретическим предпосылкам, равномерность покрытия стружек связующим должна улучшаться по мере увеличения скорости вращения стружки в барабане. Действительно, чем выше скорость, тем чаще стружка проходит через зону распыливания, тем больше вероятность равномерного покрытия всех стружек связующим.

Из графиков видно, что это предположение подтверждается.

При хорошем распыливании ( $\frac{G}{Q} = 1,5; 2,4$ ) пределы прочности на статический изгиб и растяжение возрастают на сравнительно небольшую величину с увеличением скорости перемешивания, и начиная от 3,0 м/сек, прочность повышается очень медленно, так как связующее уже распределилось достаточно равномерно.

Величина поверхности стружки

$$F_1 = \frac{G_{стр}}{\gamma_0 \cdot d}, \tag{13}$$

где  $G_{стр}$  — вес стружки, находящейся в смесителе;

$\gamma_0$  — плотность стружки;

$d$  — толщина стружки.

На основании теоретических предпосылок распределение связующего улучшается при уменьшении величины стружечной поверхности.

Это положение было проверено, причем поверхность изменяли за счет толщины и веса стружки, находящейся в смесителе.

Из графика на рис. 6 видно, что предел прочности на статический изгиб больше для плиты, обладающей меньшей стружечной поверхно-

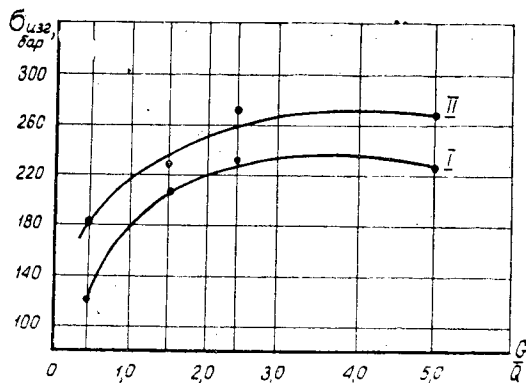


Рис. 6. Зависимость предела прочности на статический изгиб от толщины стружки (для различного качества распыливания).  
 I — при наружном слое стружки  $d = 0,2$  мм;  
 II — при внутреннем слое  $d = 0,3$  мм.

стью ( $d = 0,3$  мм). Это происходит, с одной стороны, за счет увеличения удельного расхода связующего на единицу поверхности (для стружки толщиной  $d = 0,2$  мм, удельный расход связующего  $C_n = 4,95$  г/м<sup>2</sup>), для стружки толщиной  $d = 0,3$  мм,  $C_n = 7,45$  г/м<sup>2</sup>. С другой стороны, уменьшение стружечной поверхности повышает качество распределения связующего.

Однако, нельзя с достаточной убедительностью утверждать, что распределение связующего при меньшей стружечной поверхности улучшилось, так как одновременно изменилось и  $C_n$ . Для доказательства был проведен опыт так, чтобы не изменить удельную поверхность стружки, а вместе с тем и удельный расход связующего. Для этого в смеситель загрузали стружку весом, кратным 1,9 кг (весу, необходимому для получения плиты  $620 \times 510 \times 10$  мм с плотностью  $0,7$  г/см<sup>3</sup>).

После смешивания стружку с нанесенным связующим взвешивали и делили на соответствующее число частей.

На рис. 7 и 8 представлены зависимости пределов прочности на статический изгиб и растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) от качества распыливания для различных величин поверхности стружки.

Они снижаются с увеличением стружечной поверхности. Так, при  $\frac{G}{Q} = 2,4$  для стружки с поверхностью  $15,8$  м<sup>2</sup> предел прочности на статический изгиб составил  $299$  бар, а с поверхностью  $63,2$  м<sup>2</sup>  $\sigma_{изг} = 250$  бар, то есть прочность снизилась на 17%. Для стружки с поверхностью  $15,8$  м<sup>2</sup> предел прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) равен  $11,2$  бар, а с поверхностью  $63,2$  м<sup>2</sup>  $\sigma_{раст} = 3$  бар, то есть снизился более чем в 3 раза (при  $\frac{G}{Q} = 2,4$ ).

Из графика на рис. 8 видно, что при смешивании стружек с большей поверхностью ( $63,3$  м<sup>2</sup>) необходимо поддерживать высокое качество распыливания, так как даже при  $\frac{G}{Q} = 5,0$  предел прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) для стружки с поверхностью  $63,3$  м<sup>2</sup> составил  $5$  бар, в то время как при величине поверхности  $15,8$  м<sup>2</sup> уже при качестве распыливания  $\frac{G}{Q} = 0,45$   $\sigma_{раст} = 5,7$  бар.

Эти данные наглядно свидетельствуют о том, что величина стружечной поверхности (при прочих равных условиях) оказывает существ-

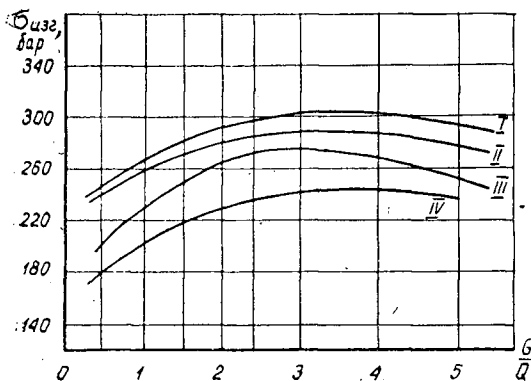


Рис. 7. Зависимость предела прочности на статический изгиб от веса стружки (величины стружечной поверхности), находящейся в смесителе.  
 I — поверхность = 15,8 м<sup>2</sup>; II — 31,4 м<sup>2</sup>;  
 III — 47,4 м<sup>2</sup>; IV — 63,2 м<sup>2</sup>.

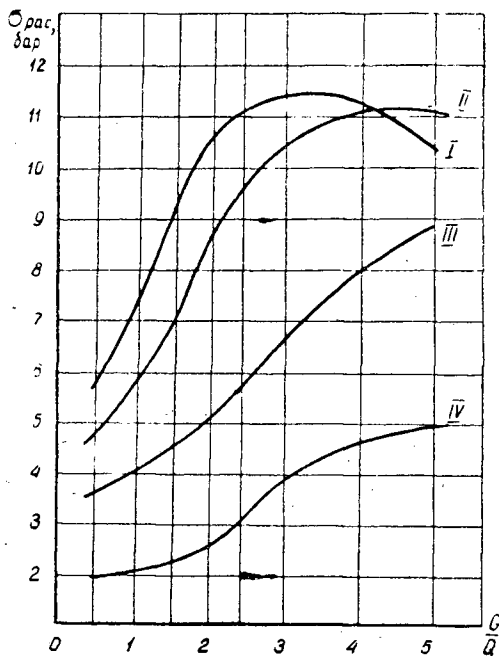


Рис. 8. Зависимость предела прочности на растяжение (перпендикулярно плоскости плиты) от веса стружки.  
 I — поверхность = 15,8 м<sup>2</sup>; II — 31,4 м<sup>2</sup>;  
 III — 47,4 м<sup>2</sup>; IV — 63,2 м<sup>2</sup>.

венное влияние на качество смешивания. При наличии большей стружечной поверхности улучшение качества смешивания можно достичь путем повышения качества распыливания или длительности нанесения связующего.

Таким образом, в результате экспериментальных работ нами установлено, что теоретические предпосылки о влиянии качества распыливания и ряда факторов смешивания на свойства плит подтвердились, хотя опытные кривые и не совпадают с формулой (12). Несовпадение этих данных объясняется тем, что принятые нами допущения при разработке теоретических предпосылок на практике не выдерживаются. В действительности стружки проходят через зону распыливания не в виде сплошного однослойного полотна, а перекрывая друг друга, в результате чего при одном прохождении через эту зону часть поверхности стружек не покрывается связующим. Скорость отдельной стружки зависит от соотношения массы к площади поверхности стружки.

При прохождении через зону распыливания стружки располагаются своими плоскостями не параллельно плоскости распыливания, а под всевозможными углами; в таком случае связующее попадает на стружку в соответствии с углом наклона.

Плоскость распыливания в действительности представляет не прямоугольник, а круг, следовательно, стружка находится в зоне распыливания неодинаковое время.

### Заключение

В результате теоретического и экспериментального исследования процессов смешивания древесных частиц со связующим выявлено, что на качество смешивания, а, следовательно, и физико-механические свойства плит оказывает влияние ряд факторов, зависящих от конструкции распыляющей форсунки и смесителя, от свойств и вида стружечного материала и связующего.

Теоретически разработано и экспериментально доказано, что распределение связующего улучшается с увеличением скорости перемешивания, длительности нанесения связующего и ухудшается с увеличением стружечной поверхности, находящейся в смесителе.

Равномерность нанесения связующего улучшается с повышением качества распыливания, то есть с уменьшением среднего диаметра капель и увеличением угла конусности струи.

Необходимо строго контролировать вязкость связующего и в соответствии с ней установить соотношение  $\frac{G}{Q}$ . Для того чтобы определить пути повышения качества смешивания, проанализируем полученные результаты. Уменьшение веса стружки  $G_{стр}$  и увеличение продолжительности нанесения связующего  $t$ , вызвали бы повышение качества смешивания, но зато это снизило бы производительность смесителя. Без ущерба для производительности повышение качества смешивания может быть достигнуто за счет установления соответствующей скорости перемешивания стружки и повышения качества распыливания. Ниже приводим рекомендуемый режим работы смесителя.

При смешивании стружки с удельной поверхностью 1—3 м<sup>2</sup> на 100 г древесины и проценте заполнения объема смесителя 45—60% необходимо поддерживать: качество распыливания, оцениваемое весовым соотношением расхода воздуха к расходу связующего,  $\frac{G}{Q} = 2,0 \div 3,0$ ; скорость вращения стружки в смесителе 3,0 м/сек; длительность нанесения связующего 4 мин.

Проведенные в лабораторных условиях опыты позволяют сделать вывод, что при оптимальных режимах смешивания можно на 20% снизить расход связующих, не снижая качество стружечных плит.

Для того чтобы перенести данные, полученные в лабораторных условиях, на производственные смесители ДСМ-1, необходимо провести дополнительно проверку рекомендаций в производственных условиях.

Однако уже сейчас можно сделать определенный вывод о том, что повышение качества смешивания является, надежным путем экономии дорогостоящих и дефицитных связующих.

Поступила в редакцию  
21 марта 1963 г.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛАГООТДАЧИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СУШКЕ

А. К. ПУХОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Одна из главных проблем научной разработки рациональных режимов конвективной сушки пиломатериалов — изучение теоретических вопросов кинетики сушки.

Как известно, процесс сушки древесины (при начальной ее влажности, не превышающей точки насыщения волокна) делится на стадии нерегулярного и регулярного режимов, продолжительность которых можно определить соответственно [2] по приближенным уравнениям

$$\tau = \frac{55 \cdot S_{\text{пр}}^2}{D \cdot 10^6} \left[ 1 + \frac{4}{HS(1-E)} \right] (1-E)^2 \text{ час} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{65 \cdot S_{\text{пр}}^2}{D \cdot 10^6} \left[ 1 + \frac{\pi^2}{2HS} \right] \lg \frac{1}{E} \text{ час}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{пр}}$  — приведенная толщина материала, см;  $S_{\text{пр}} = \frac{S_1 \cdot S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}$ ,  $S_1$  и  $S_2$  — размеры поперечного сечения материала в см;

$E$  — относительная удаляемая влажность, являющаяся функцией текущей влажности  $W$ , начальной влажности  $W_n$  и равновесной влажности  $W_p$ ,  $E = \frac{W - W_p}{W_n - W_p}$ ;

$HS$  — критерий Био,  $HS = \frac{\beta}{D} \cdot S$ ;

$D$  — коэффициент влагопроводности, см<sup>2</sup>/сек;

$\beta$  — коэффициент влагоотдачи, см/сек.

Для использования этих уравнений необходимо знание величин  $D$  и  $\beta$ . Для определенной породы древесины коэффициент влагопроводности зависит от ее температуры, влажности, направления перемещения влаги в материале и места расположения древесины в стволе; он мало меняется с изменением влажности материала в интервале 8—30%. Следовательно, при постоянном состоянии воздуха его можно считать неизменным в процессе сушки и определять по диаграммам П. С. Сергювского [3], использование которых дает достаточно надежные результаты при расчетах продолжительности сушки. Основные факторы, влияющие на коэффициент влагоотдачи древесины, — температура и относительная влажность среды, влажность поверхности материала, скорость движения воздуха и условный объемный вес древесины. Для определения этого коэффициента также построены графики [3].

Однако использование их для практических расчетов продолжительности сушки связано с существенными трудностями, так как действительная влажность поверхности материала, а следовательно, и коэффициент влагоотдачи — величины переменные и при расчете не могут быть точно установлены.

Приведенные выше теоретические уравнения продолжительности сушки П. С. Серговский вывел, исходя из условия постоянства влагокоэффициентов  $D$  и  $\beta$ . Для практических расчетов целесообразнее было бы иметь не частные значения коэффициентов влагоотдачи для того или иного момента времени, а средние их величины для процесса в целом, в зависимости от факторов (температуры и относительной влажности воздуха, а также скорости его движения по материалу), значения которых непосредственно задаются режимом сушки.

Автор в лаборатории гидротермической обработки древесины Московского лесотехнического института проводит экспериментальное изучение влияния скорости циркуляции сушильного агента на продолжительность сушки пиломатериалов и коэффициенты влагоотдачи. Первые результаты приведены в данной статье.

#### Метод определения коэффициентов влагоотдачи

Для их определения был принят метод, основанный на анализе экспериментальных кривых сушки. Имея кривую и зная теоретические уравнения, описывающие процесс в той или иной стадии, можно определить средние значения коэффициентов влагоотдачи.

Предварительно следует установить среднюю влажность  $W_{пер}$  материала, при которой стадия нерегулярного режима переходит в стадию регулярного. Значение относительной удаляемой влажности  $E_{пер}$ , а следовательно, и  $W_{пер}$ , соответствующей этому моменту, зависит от величины критерия Био и может быть определено по графику А. В. Лыкова [1], показанному на рис. 1. Критерий Био  $HS$  в этом случае находится по ориентировочным значениям коэффициентов влагопроводности и влагоотдачи.

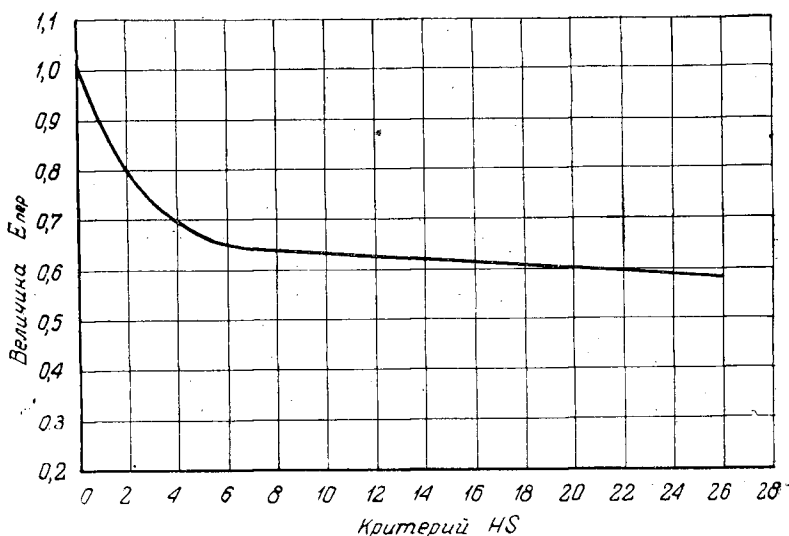


Рис. 1.

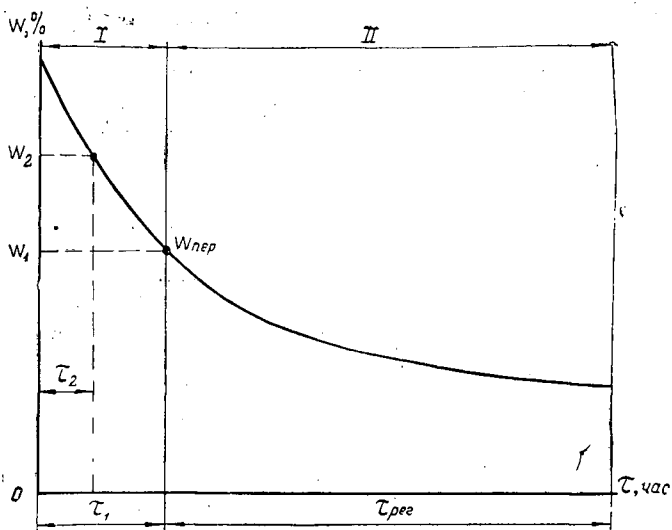


Рис. 2. Экспериментальная кривая сушки по стадиям режима: I — нерегулярного; II — регулярного.

В стадии нерегулярного режима точную величину среднего коэффициента влагоотдачи можно определить следующим путем. На экспериментальной кривой сушки (рис. 2) фиксируются две точки, соответствующие определенным значениям продолжительности сушки  $\tau_1$  и  $\tau_2$  и относительной удаляемой влажности  $E_1$  и  $E_2$ . Написав выражения для продолжительности сушки, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \frac{55 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \left[ 1 + \frac{4}{HS(1-E_1)} \right] (1-E_1)^2 \text{ час} \\ \tau_2 &= \frac{55 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \left[ 1 + \frac{4}{HS(1-E_2)} \right] (1-E_2)^2 \text{ час} \end{aligned} \tag{3}$$

Неизвестными в ней являются коэффициенты теплопроводности  $D$  и влагоотдачи  $\beta$ , остальные величины определяются непосредственно из эксперимента.

Из решения такой системы уравнений одновременно с коэффициентом влагоотдачи определяется и коэффициент теплопроводности. Значения последнего полностью совпадают с коэффициентами, установленными по опубликованным диаграммам [3].

В стадии регулярного режима средние значения коэффициентов влагоотдачи можно определить, исходя из совместного рассмотрения экспериментальной кривой сушки и теоретического уравнения (2).

Значения коэффициентов теплопроводности определяются из данных, полученных при решении системы уравнений (3) с учетом температуры материала, непосредственно измеренной в процессе опыта. Для введения поправки на температуру использовали диаграмму коэффициентов теплопроводности, составленную П. С. Серговым.

В производственной практике нет особой необходимости рассчитывать продолжительность сушки материала отдельно по стадиям режима, так как они усложняют технику вычислений. Поскольку продолжительность стадии нерегулярного режима составляет незначительную часть от продолжительности всего процесса, можно без большой по-

грешности производить расчеты только по уравнению (2) — стадии регулярного режима.

Для проведения таких расчетов необходимо иметь значения средне-расчетных коэффициентов влагоотдачи  $\beta_{р}$ . Их можно определить непосредственно из уравнения (2), подставив в него экспериментально установленные (из кривой сушки) значения  $\tau$  и  $E$  и коэффициент влагопроводности, найденный по температуре среды и условному объемному весу материала с помощью диаграммы П. С. Сергеевского.

### Проведение эксперимента и объем работ

При сушке определение коэффициентов влагоотдачи древесины экспериментальным путем связано с некоторыми трудностями. Они заключаются, прежде всего, в том, что на величину этого коэффициента оказывают влияние различные переменные факторы, для выяснения которых необходим очень большой объем экспериментальной работы. Весьма сложен, кроме того, надлежащий подбор опытных образцов с точки зрения идентичности их характеристик (толщины, ориентации годовых слоев и, главным образом, особенностей микростроения). При проведении эксперимента на разных образцах (даже одной породы) невозможно разграничить влияние на его результат основных режимных факторов и структуры древесины, не поддающейся учету.

С учетом изложенных обстоятельств нами принята следующая методика проведения экспериментальных работ. Опыты (по всем намеченным для исследования режимам) проводили на одних и тех же образцах, с переменным чередованием их сушки и увлажнения. Как показали предварительные результаты, гигроскопические свойства и характер

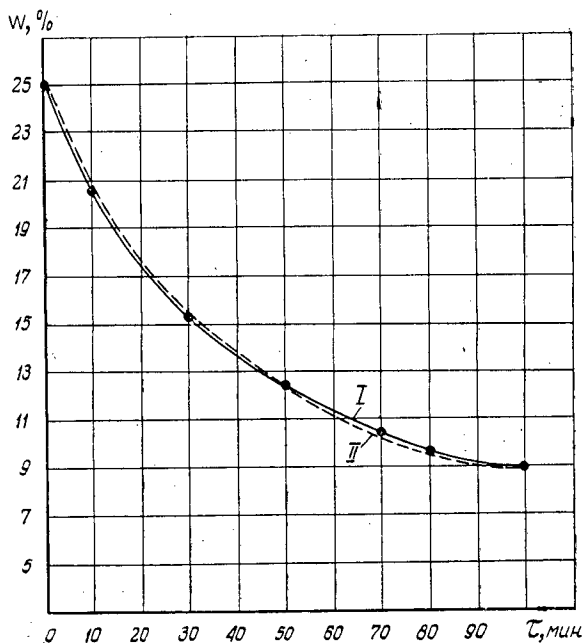


Рис. 3. Кривые сушки после увлажнения:  
 I — 2-кратного; II — 25-кратного.  
 (образец № 20 :  $S = 6,9$  мм;  $\gamma_{\text{усл}} = 0,38$  Г/см<sup>3</sup>;  
 режим:  $t_c = 80^\circ \text{C}$ ;  $\varphi = 50\%$ ;  $V = 2,0$  м/сек).

сушки материала не изменяются в результате его многократного увлажнения. На графике (рис. 3) представлены две кривые сушки, полученные после 2- и 25-кратного увлажнений образца. Такая методика экспериментов полностью исключает ошибки, связанные с изменчивостью структуры древесины.

Опытные сушки проводили при различных состояниях среды и различной скорости воздуха. Состояние среды характеризовалось относительной влажностью  $\gamma = 50\%$  и температурами 50, 65, 80 и 100° С. При каждом из этих состояний исследовали пять значений скорости воздуха: 0,1; 0,6; 2,0; 5,0 и 9,0 м/сек.

Все варианты опытных сушек (всего их проведено 65) имели, во избежание случайных погрешностей, трехкратное повторение. В качестве подопытного материала использовали образцы, выпиленные из заболони сосны радиальной и тангентальной распиловки. Экспериментальные образцы имели размеры: толщина — 6,5 мм, длина 150 мм, ширина — 75 мм. Соотношение размеров позволяло применять к образцам уравнения сушки неограниченной пластины.

Начальную влажность образцов во всех опытах принимали равной 25% (ниже точки насыщения волокна).

Чтобы получить материалы для различных опытов с одной и той же равномерной начальной влажностью, был применен так называемый тензометрический метод подготовки образцов. Образцы, отобранные для эксперимента, помещали в эксикатор с определенной относительной упругостью водяного пара ( $\varphi = 0,96$ ) и выдерживали там до достижения постоянного веса. В качестве гигроскопической жидкости, обеспечивающей постоянство относительной упругости пара в эксикаторе, использовали водный раствор серной кислоты 12%-ной концентрации. Для ускорения стабилизации влажности образцы, помещенные в эксикатор, выдерживали в термостате при температуре 60° С. Кроме того, образцы перед опытом пропревали (без изменения влажности) до температуры, соответствующей температуре мокрого термометра по режиму. Этим устраняли влияние начального градиента температуры на характер кривой сушки.

Одновременно с подготовкой основного образца для опытной сушки таким же способом готовили парный образец, в поверхность которого (на глубину 0,5 мм) заделывали термопару для измерения температуры материала в процессе сушки. Парные образцы имели такую же характеристику, как и основные.

После увлажнения и прогрева образца в эксикаторе и термостате проводили его сушку на заданном режиме, по результатам которой строили кривые сушки и температуры. На рис. 4 приведены такие кривые, полученные при  $t_c = 80^\circ \text{С}$ ,  $\varphi = 50\%$  и при разных скоростях циркуляции воздуха. Из анализа этих кривых по описанному выше методу определяли коэффициенты влагоотдачи по стадиям режима.

График изменения коэффициентов влагоотдачи в зависимости от скорости циркуляции воздуха приведен на рис. 5. Как видно из графика, этот коэффициент связан со скоростью воздуха прямолинейной зависимостью.

По данным, полученным на основании аналогичных вычислений при всех исследованных температурах и скоростях циркуляции воздуха, построена диаграмма зависимости средне-расчетных коэффициентов влагоотдачи  $\beta_{\text{ср}}$  от температуры и скорости движения воздуха (рис. 6). Из диаграммы видно, что при исследованной относительной влажности воздуха влияние скорости на коэффициент влагоотдачи очень существенно, и оно заметно растет с повышением температуры.

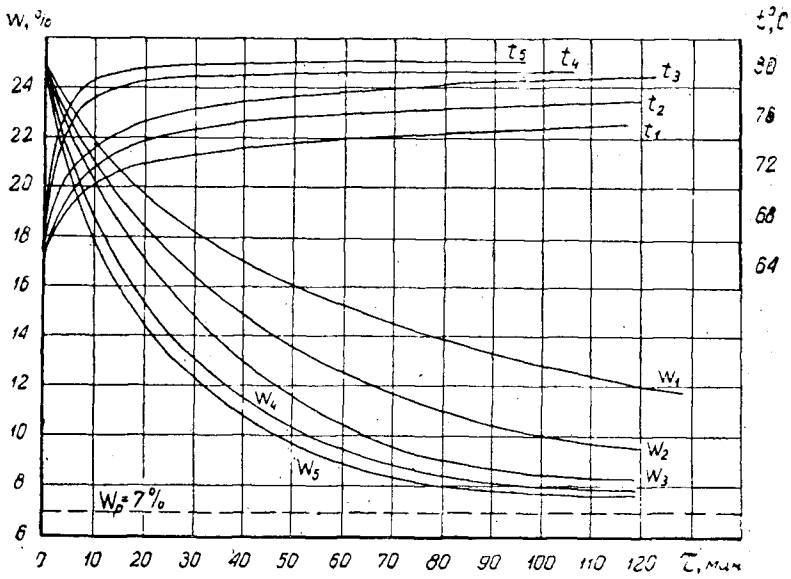


Рис. 4. Кривые сушки  $W$  и кривые температуры  $t$  при разных скоростях циркуляции воздуха. 1—0,1; 2—0,6; 3—2,0; 4—5,0; 5—9,0 м/сек (образец № 6 :  $S = 6,4$  мм;  $\gamma_{\text{всл}} = 0,39$  г/см<sup>3</sup>;  $W_{\text{н}} = 25\%$ ).

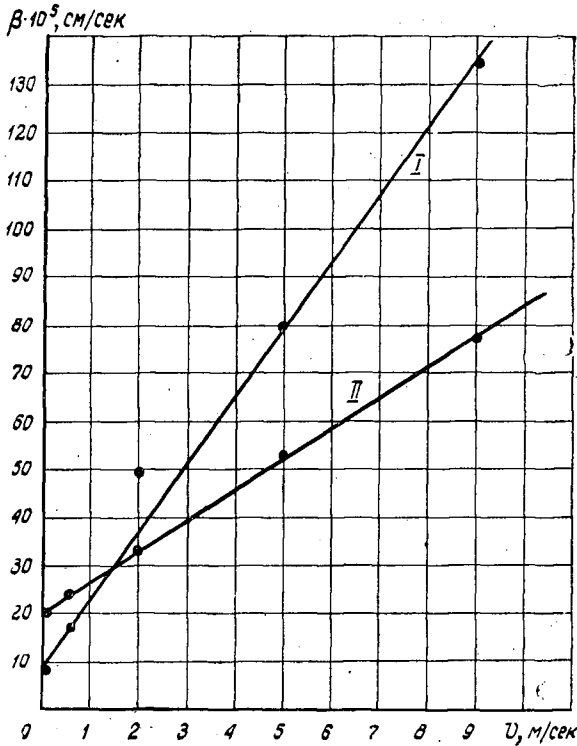


Рис. 5. Кривые зависимости коэффициентов влагоотдачи от скорости воздуха по стадиям режима: I — регулярного; II — нерегулярного (образец № 6 :  $S = 6,4$  мм;  $\gamma_{\text{всл}} = 0,39$  г/см<sup>3</sup>; режим:  $t_c = 80^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 50\%$ .)

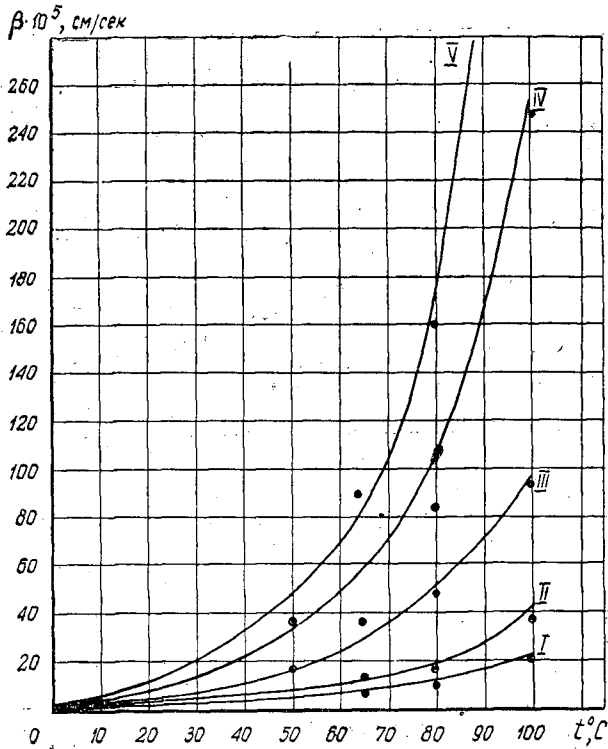


Рис. 6. Кривые зависимости коэффициентов влагоотдачи от температуры при разных скоростях воздуха. I — 0,1; 2 — 0,6; 3 — 2,0; 4 — 5,0; 5 — 9,0 м/сек (при  $\varphi = 50\%$ ).

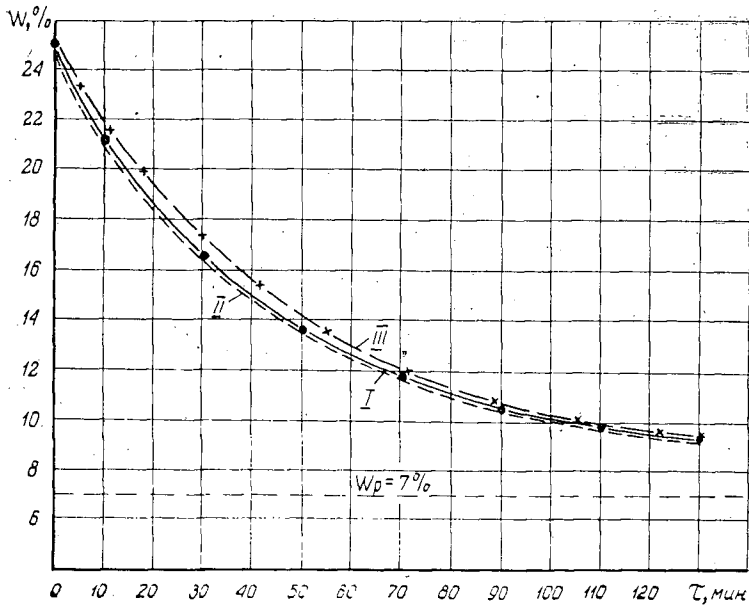


Рис. 7. Кривые сушки: I — экспериментальная; II — расчетная по стадиям режима; III — расчетная по средне-расчетным влажкоэффициентам стадии регулярного режима (образец № 6:  $S = 6,4$  мм;  $\gamma_{\text{усл}} = 0,39$  г/см<sup>3</sup>; режим.  $t_c = 80^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 50\%$ ;  $V = 0,6$  м/сек.).

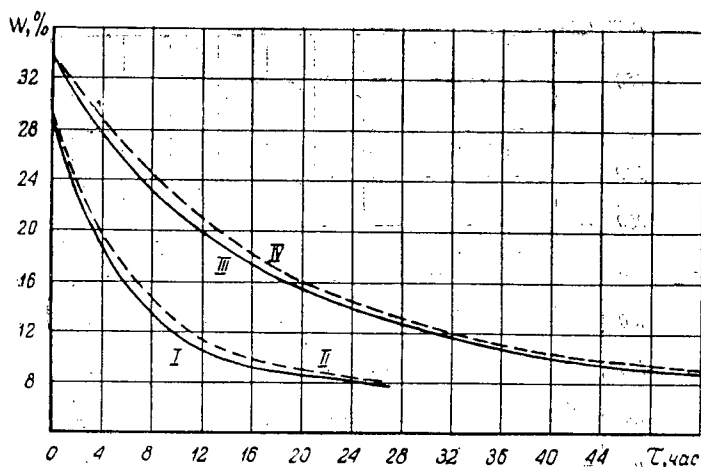


Рис. 8. Кривые сушки: I, III — экспериментальные; II, IV — расчетные (образец:  $S = 20$  мм для I и II;  $S = 40$  мм для III и IV; режим:  $t_c = 80^\circ \text{C}$ ;  $\varphi = 50\%$ ;  $V = 2$  м/сек).

Для проверки надежности полученных средне-расчетных значений коэффициентов влагоотдачи по каждому опыту проводили сравнения кривых сушки, полученных непосредственно из эксперимента и найденных путем теоретического расчета по стадиям режима и по одному уравнению стадии регулярного режима с использованием средне-расчетных коэффициентов  $\beta_{\text{ср}}$ . Для примера один из таких сравнительных графиков представлен на рис. 7. Как видно из графика, кривые сушки, полученные из эксперимента и путем расчета по стадиям режима, имеют полное совпадение. Кривая сушки, построенная по средне-расчетным коэффициентам влагоотдачи, имеет некоторое отклонение, величина которого не может, однако, внести существенной погрешности в практические расчеты продолжительности процесса сушки.

Может возникнуть сомнение в возможности использования данных графика (рис. 6), полученного из опытных сушек тонких образцов, для производственных расчетов продолжительности сушки более толстых промышленных сортиментов. Его необоснованность очевидна из логического анализа. Величина коэффициента влагоотдачи древесины при сушке определяется состоянием воздуха и состоянием поверхности материала. Факторы, характеризующие эти состояния, одинаковы при любых размерах сортиментов.

Для дополнительной проверки этого вывода проведена серия сушек (11 опытов) на образцах толщиной 20 и 40 мм, взятых из ядра древесины сосны. Опыты проводили при стабильном состоянии среды ( $t_c = 80^\circ \text{C}$  и  $\varphi = 50\%$ ) и трех значениях скорости воздуха: 0,6, 2,0 и 5,0 м/сек. Результаты показали достаточно хорошее совпадение кривых сушки, полученных из эксперимента и найденных путем расчета по уравнению (2) с использованием данных графика 6. На рис. 8 приведены такие кривые, полученные из двух опытов.

### Выводы

1. Разработан метод определения средних коэффициентов влагоотдачи по стадиям режима и для процесса сушки в целом.
2. Построена диаграмма средне-расчетных коэффициентов влагоот-



дачи в зависимости от температуры и скорости воздуха при его относительной влажности  $\varphi = 50\%$ .

3. Экспериментально проведена возможность применения найденных значений коэффициентов влагоотдачи для практических расчетов продолжительности сушки промышленных сортиментов.

Полученные результаты могут быть использованы для анализа влияния скорости воздуха на продолжительность сушки различных сортиментов при различных режимах. Работа требует продолжения в направлениях изучения влияния на коэффициенты влагоотдачи, относительной влажности воздуха и породы древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Лыков. Теория сушки. Госэнергоиздат, 1950. [2]. П. С. Серговский. О методах расчета продолжительности сушки древесины. ВСНТО. «Сушка древесины», Всесоюзное совещание по интенсификации процессов и улучшению качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и в сельском хозяйстве. Профиздат, 1958. [3]. П. С. Серговский. Гидротермическая обработка древесины. Гослесбуиздат, 1958.

Поступила в редакцию  
29 апреля 1963 г.

**К ВОПРОСУ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ  
ДРЕВЕСИНЫ РЕЗЦАМИ С НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ЗАТУПЛЕНИЕМ****А. В. АЛЕКСЕЕВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

При определении теоретического профиля поверхности древесины, обработанной методом фрезерования, а также сечения и размеров стружки обычно исходят из предположения, что резание производят абсолютно острым резцом. При резании же реальным резцом, имеющим определенную микрогеометрию режущей кромки, процесс стружкообразования и формирования поверхности значительно отличается от теоретического. Так, например, отделение стружки происходит только в том случае, когда ее толщина  $a$  значительно превосходит величину радиуса закругления режущей кромки  $\rho$ .

Это положение отмечено в ряде работ по резанию древесины и режущим инструментам.

Из схемы на рис. 1 видно, что древесина, находящаяся ниже линии раздела  $AB$ , будет подмята резцом, а в стружку пойдет только часть древесины, лежащая над этой линией. При незначительном превышении  $a$  над  $\rho$  отделение стружки\* вряд ли возможно.

Какова должна быть величина превышения толщины стружки над радиусом закругления режущей кромки резца, чтобы стружкообразование было возможным? Ответ на этот вопрос имеет не только теоретическое, но и практическое значение, например, при оценке влияния затупления резца на качество и профиль поверхности резания при фрезеровании, а также при выборе режимов фрезерования в условиях, когда толщина стружки соизмерима с величиной затупления резца.

В настоящей статье изложены результаты попытки определить опытным путем величину превышения расчетной толщины стружки над радиусом закругления резца, при которой начинается нормальное резание.

Опыты производили на маятниковом копре системы А. Э. Грубе при малых скоростях резания и при прочих следующих условиях: диаметр окружности резания  $D = 82$  мм; толщина снимаемого слоя  $h = 2$  мм; величина подачи на один резец  $U_z = 0,28$  мм; угол резания  $\delta = 55^\circ$ ; угол заострения резца  $\beta = 40^\circ$ .

Обрабатывали березу влажностью 12 и 70%; опытные ножи имели различные радиусы закругления режущей кромки.

\* А. Л. Бершадский. Резание древесины. Гослесбумиздат, 1956, стр. 57.

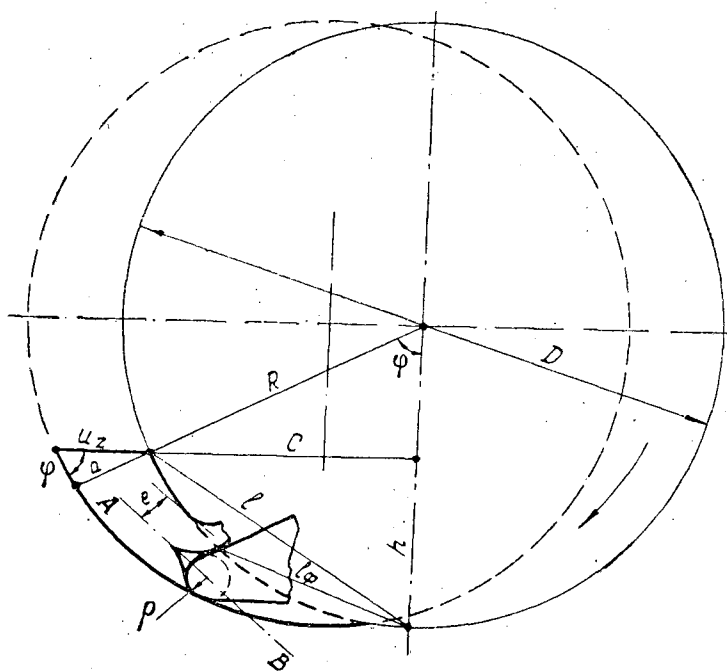


Рис. 1.

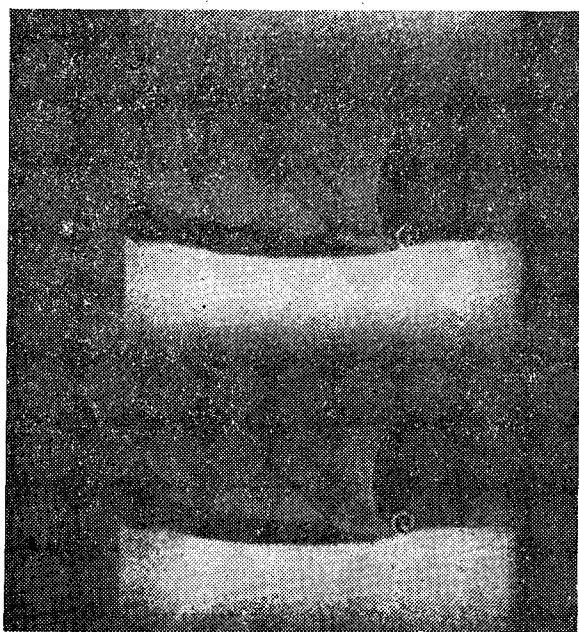


Рис. 2.

Нож устанавливали в головке таким образом, чтобы его торцовую часть совместить в одной вертикальной плоскости с передним срезом образца.

Процесс резания регистрировали скоростной кинокамерой СКС-1 при частоте, равной 3200 кадров в секунду. При просмотре полученных кадров удалось установить момент начала отделения стружки на дуге резания и затем измерить длину хорды той части дуги, на которой происходило смятие древесины. Хорда оказалась величиной, наиболее удобной для точного измерения на кинокадре. Образец кинограммы приведен на рис. 2.

Для последующих расчетов желательно найти связь между измеряемой на кадре длиной хорды и толщиной стружки  $a$ . Из построения на рис. 1 имеем

$$\sin \varphi = \frac{C}{R}.$$

Допустив, что угол (противолежащий отрезку  $U_z$ ) прямой, получим

$$\sin \varphi = \frac{a}{U_z},$$

тогда

$$C = \frac{aR}{U_z}.$$

При принятых параметрах опыта можно считать  $c = l$ , так как их величины различаются менее, чем на 1%.

Теперь можно написать

$$l = \frac{aR}{U_z},$$

отсюда

$$a = \frac{U_z l}{R}.$$

Результаты измерений длины хорды, произведенных на кадрах снятой кинограммы, а также характеристика опытных ножей и древесины и результаты обработки полученных данных приведены в табл. 1.

Таблица 1

№№	Радиус закругленной режущей кромки ножа, $\rho$ , мм	Порода древесины	Влажность $W$ , %	Длина измеренной хорды дуги смятия, $l_{\text{факт}}$ , мм	Толщина стружки, при которой началось стружкообразование $a = \frac{l_{\phi} U_z}{R}$ , мм	Коэффициент $\mu = \frac{a}{\rho}$
1	3,0	Береза	12	3070	21	7,0
2	4,0	"	"	4650	27	6,8
3	4,5	"	"	4360	30	6,6
4	6,0	"	"	2930	20	3,3
5	8,0	"	70	11100	76	9,5

Проведенные опыты не только подтверждают чисто теоретические предположения о возможности начала отделения стружки только при значительном превышении  $a$  над  $\rho$ , но и с достаточным приближением дают необходимую величину этого превышения, то есть коэффициент  $\mu$ .

Для данных условий опыта при обработке сухой древесины  $\mu_{\text{сух}} \approx 6$ . В четвертом опыте величина  $\mu = 3,3$ , то есть в два раза меньше, чем

в остальных. Это можно объяснить тем, что нож в этом опыте имел глубокую лунку на передней грани (в результате предварительного износа). Могли также сказаться и особенности структуры образца.

При обработке сырой древесины коэффициент  $\mu_{\text{сыр}}$  в полтора раза превышает  $\mu_{\text{сух}}$ .

В этом случае резание происходит на незначительном участке дуги, на большей же ее части древесина только подминается резцом. Если предположить, что подмятая древесина успеет занять свой прежний уровень при следующем проходе резца, то последний начнет отделять стружку раньше, чем при предыдущем.

Таким образом, как длина, так и глубина волны будут отличаться по величине от расчетных теоретических.

Полученные величины  $\mu$  позволяют определить, в каком месте дуги резания начнется отделение стружки при заданных подачах на резец и выбрать оптимальные подачи с учетом величины закругления режущей кромки резца.

Поступила в редакцию  
3 июля 1963 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. ОШУРКОВ

Аспирант

В. Н. ПЕТРИ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Уральский лесотехнический институт)

В 1962 г. авторы настоящей статьи сконструировали и изготовили экспериментальную установку для изучения кинетики и динамики конвективной сушки древесины различных пород; вопросов внешнего тепло- и массообмена влажной древесины в процессе сушки (в среде влажного воздуха и перегретого пара); процессов теплопередачи от нагревательных элементов некоторых типов конструкций к агенту сушки различных параметров.

Схема установки приведена на рис. 1.

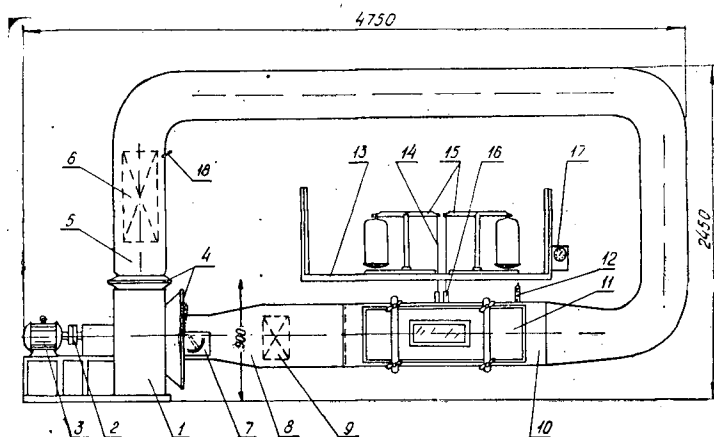


Рис. 1.

Установка состоит из труб диаметром 360 мм, исследовательской камеры 10, имеющей прямоугольное сечение, и центробежного вентилятора 1, соединенных между собой по замкнутому контуру. Центробежный вентилятор 1 приводится в действие через муфту 2 электродвигателем 3 АО-42-6 (мощностью 1,7 квт при 930 об/мин).

Вертикальная цилиндрическая труба 5 и конфузор 8 камеры присоединены к вентилятору не непосредственно, а через эластичные муфты 4 из термостойкой резины. Это сделано для того, чтобы уменьшить передачу вибраций от работающего вентилятора на всю установку, а также с целью компенсации температурных деформаций конструкций установки в момент ее разогрева и охлаждения.

Собственно исследовательская камера сварена из двухмиллиметровой листовой стали в виде прямоугольного короба длиной 1400 мм, сечением 500 × 360 мм (последний размер по высоте). Для удобства установки исследуемых объектов в камере боковая ее стенка 11 съемная. В ней имеется смотровое окно с двойными утолщенными стеклами для наблюдения за состоянием сушимого материала в процессе эксперимента. Камера внутри оборудована низковольтным освещением. Особое внимание уделено равномерному распределению циркулирующего потока по поперечному ее сечению. С этой целью на входе потока в камеру установлена уравнивающая решетка сотового типа. Скорость циркуляции сушильного агента регулируется дроссельной заслонкой 7.

Над камерой расположен стол 13, изолированный от возникающей при работе установки вибрации. На столе имеются две «плавающие» подставки, на каждой из которых установлены весы 15 чашечного типа, предназначенные для периодического взвешивания объектов исследования. К коромыслам весов с помощью тяг 14, проходящих через отверстия в столе, и патрубков 16 в потолке камеры подсоединены специальные подвески, на которые укладывают образцы древесины перед экспериментом.

В период прогрева, вследствие температурных деформаций установки, камера смещается относительно стола, нарушается центровка тяг в патрубках, что может привести к соприкосновению тяг и стенок патрубков. Плавающие подставки позволяют корректировать местоположение весов относительно камеры. После прогрева установки подставки весов закрепляют в нужном положении.

Прогрев установки, а также поддержание температуры среды внутри нее на заданном уровне, осуществляется с помощью двух электрических калориферов. Один из них, основной 6, находится в вертикальной цилиндрической трубе. Другой, дополнительный 9, расположен перед конфузуром. Основной предназначен для разогрева установки и поддержания режимной температуры на заданном уровне в течение всего эксперимента. Дополнительный нагреватель включается только в период прогрева установки, с целью быстрого достижения заданной температуры среды. Для того чтобы исключить воздействие тепловой радиации на исследуемый объект, перед дополнительным калорифером установлена лабиринтная решетка с малым аэродинамическим сопротивлением. Помимо этого решетка исключает раскручивание потока вдоль исследовательской камеры (под влиянием вращения турбины вентилятора).

Поддержание необходимой влажности сушильного агента в процессе экспериментов осуществляется при помощи испарителя воды, расположенного в трубе.

Испаритель выполнен в виде спирального желобка, изготовленного из алюминиевого проката и укрепленного на внутренних стенках трубы вокруг основного калорифера. Угол подъема винтовой линии желобка равен  $\approx 10^\circ$ .

В верхнюю часть желобка через трубку 18 (диаметром 5 мм) подается вода из сосуда, расположенного снаружи установки. Проходя по желобку, струйка воды испаряется и увлажняет циркулирующий агент.

Эксплуатация установки показала, что путем соответствующего регулирования подачи воды удается быстро и надежно фиксировать температуру по «мокрому» термометру на заданном уровне. Все наружные поверхности установки теплоизолированы слоем асбеста толщиной 100 мм, за исключением съемной стенки камеры, которая изолирована минеральной ватой.

В экспериментальной установке режимная температура среды (по сухому термометру) поддерживается автоматически регулирующим устройством электронного потенциометра ЭПВ2, имеющим градуировку ХК от 0 до 200° С.

Электрическая схема основного калорифера представлена на рис. 2, а, а схема регулирования режимной температуры калорифера — на рис. 2, б.

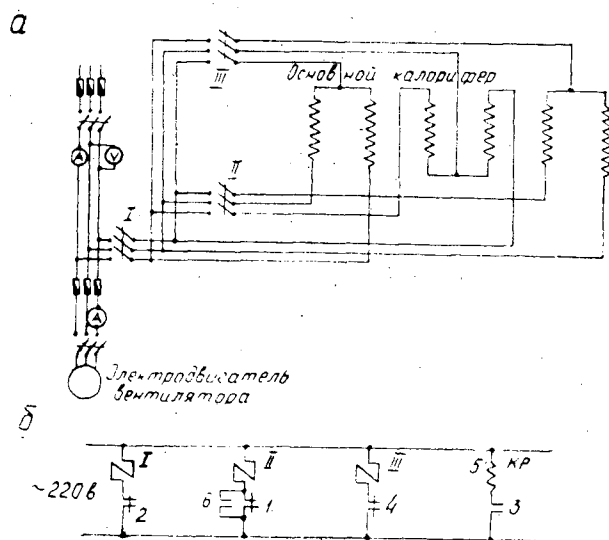


Рис. 2.

В положении, изображенном на схеме регулирования, все три магнитных пускателя включены. В этот момент основной калорифер отдает полную мощность, что необходимо в период разогрева установки. Кулачки регулирующего устройства электронного потенциометра установлены относительно контактов так, что при достижении внутри камеры температуры на 2° С меньше режимной нормально закрытые контакты I размыкаются и II пускатель отключает половину мощности основного калорифера. При достижении режимной температуры кулачки замыкают нормально открытые контакты 3, цепь катушки реле 5 замыкается. Реле разрывает контакты 4 цепи катушки III магнитного пускателя и замыкает контакты 6 цепи катушки III пускателя. Мощность калорифера падает до одной четверти от полной, покрывая в этот период, в основном, теплопотери установки.

Однако, если температура в исследовательской установке еще возрастет на 0,5° С, то разомкнется нормально закрытый контакт 2 и I пускатель полностью отключит основной калорифер на тот срок, пока температура внутри камеры не снизится до значения, заданного по режиму. После этого вновь включится одна четвертая полной мощности калорифера.



Чувствительным элементом электронного потенциометра является спай хромель-копелевой термопары, находящийся в камере в непосредственной близости от исследуемого объекта.

Включение дополнительного нагревателя, о котором речь шла выше, осуществляется от контактного термометра 12 (рис. 1) через промежуточное реле и магнитный пускатель.

Контроль температуры по мокрому термометру производится по специальной термопаре, включаемой в измерительную цепь электронного потенциометра через многоточечный переключатель 17.

В камере установлена колодка для подключения двенадцати медь-константановых термопар, которые предназначены для снятия температурных характеристик исследуемого объекта. Кроме того, камера оборудована координатным механизмом, позволяющим вести работы по изучению тепло- и массообмена влажного материала с сушильным агентом.

В заключение следует отметить, что описанная нами установка почти непрерывно эксплуатируется в течение года и вполне отвечает поставленным задачам.

Поступила в редакцию  
23 апреля 1963 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ В СПЕЦИАЛЬНЫХ СДВИНУТЫХ КОТЕЛЬНЫХ ПУЧКАХ

А. И. ЕГОРОВ

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В Северо-Западном экономическом районе нашей страны объективно сложились такие условия, при которых значительная часть отходов лесозаготовительной, деревообрабатывающей и гидролизной промышленности используется как энергетическое топливо в малых и средних паросиловых установках.

Выбор оптимальной дозировки отходов в смеси с основным видом топлива и перевод котлов на другие виды топлива требует предварительных тепловых расчетов котлов.

Среди водотрубных котлов малой производительности и невысоких параметров пара, эксплуатируемых в Северо-Западном экономическом районе, значительное количество — со сдвинутыми конвективными пучками.

Расчет теплоотдачи в сдвинутых котельных пучках, согласно нормативному методу [12], должен производиться по формулам, используемым для расчета шахматных пучков.

При относительных шагах  $\frac{S_1}{d} = 1,74$  и  $\frac{S_2}{d} = 1,5$

$$Nu = 0,270 C_z \cdot Re^{0,6}, \quad \text{если } \frac{S_1 - d}{S'_2 - d} \leq 0,7 \quad (a)$$

$$Nu = 0,259 \cdot C_z \cdot Re^{0,6} \left( \frac{S_1 - d}{S'_2 - d} \right)^{0,25}, \quad \text{если } \frac{S_1 - d}{S'_2 - d} > 0,7, \quad (б)$$

где  $C_z$  — коэффициент, учитывающий число рядов трубок в пучке;

$S'_2 = \sqrt{0,25 \cdot S_1^2 + S_2^2}$  — диагональный шаг в пучке;

$S_1$  — поперечный шаг;

$S_2$  — продольный шаг;

$d$  — наружный диаметр трубок;

$Nu$  — критерий Нуссельта;

$Re$  — критерий Рейнольдса.

Расчет теплоотдачи в коридорных пучках следует производить по уравнению

$$Nu = 0,177 \cdot C_z \cdot Re^{0,64}. \quad (в)$$

Эти зависимости представляют собой обобщение многочисленных исследований, проведенных В. М. Антуфьевым и Л. С. Казаченко [1], Н. В. Кузнецовым и Э. С. Карасиной [6], А. А. Жукаускасом [2], Ф. П. Казакевичем [5], И. М. Михеевой [9], М. А. Михеевым [8], Н. В. Кузнецовым [7] при некоторых определенных условиях и экстраполяции полученных результатов на широкий диапазон значений  $Re$  подобных пучков. В. П. Исаченко и Ф. Саломзода [7], [8] нашли, что значение показателя степени определяется величиной  $Re$ . В частности, для коридорных пучков (опыты поставлены на капельных жидкостях)

при

$$Re = 200 \quad Nu \approx Re^{0,33};$$

при

$$Re \approx 10^3 \quad Nu \approx Re^{0,65};$$

при

$$Re > 10^4 \quad Nu \approx Re^{0,80}.$$

Теплоотдача в котельных пучках (при  $Re < 10^4$ ), видимо, проходит при смешанном, неполностью турбулизованном, режиме, чем объясняются разные значения зависимостей типа  $Nu = C \cdot Re^n$ , полученные разными авторами при одинаковой системе обработки опытов (Я. Л. Польшинский [5], Я. Л. Польшинский и К. И. Беляков [6]).

Проведенные поверочные тепловые расчеты для котлов со сдвинутыми пучками, указанными на рис. 1, не дали удовлетворительной сходимости (по температурам) с результатами непосредственного измерения. При одинаковых присосах и коэффициентах избытка воздуха измеряемая температура газов за пучком систематически получалась выше расчетной. Такое расхождение является, видимо, следствием того, что теплоотдача в действительных пучках происходит менее интенсивно, чем это следует из зависимостей, рекомендованных нормативным методом.

Для определения истинного значения коэффициента теплоотдачи в сдвинутом котельном пучке были проведены специальные исследования

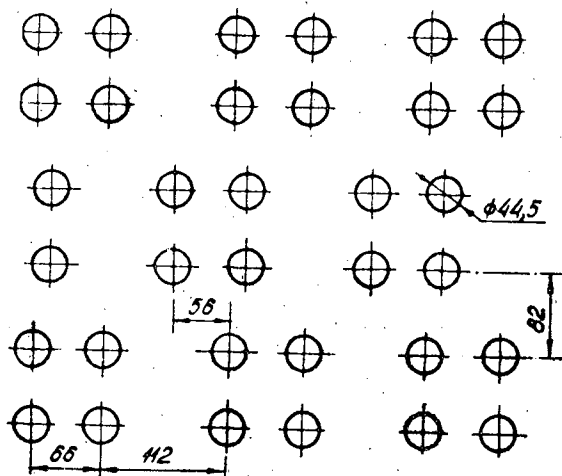


Рис. 1. Геометрия сдвинутого пучка. Стрелкой обозначено направление движения газов.

(методом общего моделирования) в теплоэнергетической лаборатории АЛТИ. Модель пучка, состоящую из латунных трубок наружным диаметром 19 мм, продували в разомкнутой аэродинамической трубе квадратного сечения (400 × 400 мм). Поле скоростей в плоскости, перпендикулярной трубкам пучка, приведено на рис. 2.

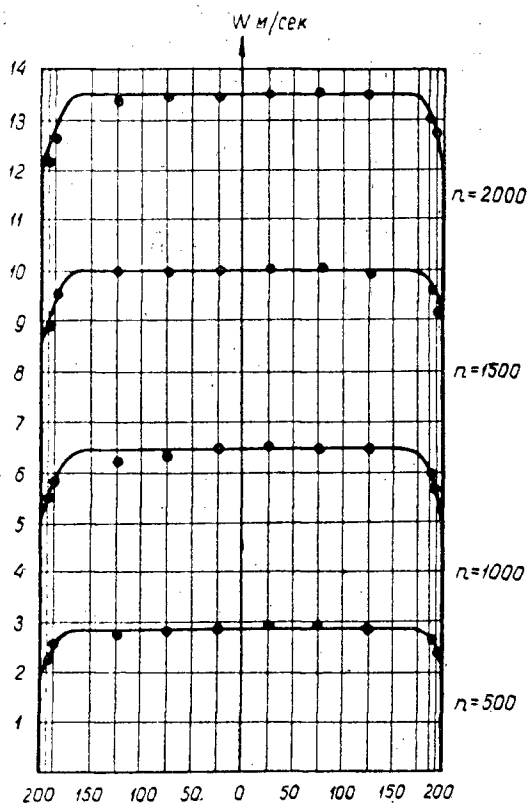


Рис. 2. Поле скоростей в поперечном горизонтальном сечении свободной аэродинамической трубы при различных числах оборотов вала вентилятора.

Исследовали модели 20-, 10- и 5-рядных пучков. Нагрев трубок производили нихромовыми нагревателями (сопротивлением по 0,22 ом). Наличие кварцевого песка в трубках обеспечивало равномерную отдачу тепла и отсутствие внутренних конвективных течений. Наружную температуру стенок (1, 3, 7, 12 и 17 рядов) измеряли медными термометрами сопротивления. Нагревательные спирали каждого пяти рядов трубок соединяли последовательно, и они образовывали секцию (по 50 трубок). Двойное измерение мощности тока нагрева ( $J$ ,  $U$ ,  $N$ ) приборами класса 0,5 использовали для контроля и изучения торцевых потерь пучка. Обработка опытных данных проводили по воспринятому воздухом теплу.

Замер скорости воздуха в трубе осуществляли пневмометрической трубкой, а измерение динамического напора — микроманометром ЦАГИ.

Изменение температуры воздуха в пучке измеряли двумя гипертермомпарами ХК, включенными дифференциально. Измерение ЭДС термопар производили потенциометром ПП.

Обработку опытных данных вели в направлении отыскания зависимости  $Nu = \Phi(Re)$ ; за определяющую температуру, по рекомендации М. А. Михеева [1], принята средняя температура газа в потоке, за определяющий размер — наружный диаметр трубок. Значение критерия Рейнольдса определено по максимальной скорости в пучке. Результаты измерений и обработки некоторых опытов в 20- и 5-рядных пучках, а также результаты расчетов по теплоотдаче для исследуемого пучка (при одинаковых с опытом параметрах) приведены в табл. 1. Расчеты проведены по номограммам нормативного метода.

Таблица 1

Сводные данные по исследованному сдвинутому пучку

Число рядов, z	Максимальная скорость в пучке $W_{п}, \frac{м}{сек}$	Средняя температура воздуха в потоке $t_f, ^\circ C$	Средняя температура стенок трубок $t_w, ^\circ C$	Средний температурный напор $\Delta t, ^\circ C$	Полученное возд. тепло $Q, \frac{ккал}{сек}$	$Re_f \cdot 10^{-5}$	Значения $Nu_f$ **		
							из опыта	из расчета как для шахматного пучка	из расчета как для коридорного пучка
20	11,54	16,84	22,80	6,2	0,848	14,8	88,5	91,2	78,6
20	9,18	22,60	30,36	7,7	0,912	11,5	75,5	79,0	66,5
20	6,95	16,82	26,14	9,0	0,880	8,94	63,5	68,2	56,5
20	4,10	19,68	30,20	9,7	0,885	7,20	58,0	60,4	48,3
20	4,70	22,60	36,00	12,1	0,887	5,76	46,5	53,5	43,2
5*	6,94	19,20	58,00	39,0	0,811	8,82	53,2	61,7	53,2
5*	4,86	19,00	75,60	47,0	0,862	6,16	47,0	50,0	42,2
5	4,62	20,50	76,70	57,0	0,931	5,80	41,7	48,0	40,6
5	3,47	22,00	90,60	69,0	0,922	4,33	34,0	39,8	32,6
5	2,96	23,05	107,0	83,0	0,943	3,66	28,6	36,1	29,0
5	2,44	24,00	106,1	80,0	0,842	2,99	26,7	31,6	26,2
5*	1,92	29,90	126,2	95,0	0,875	2,28	24,0	26,8	21,6

\* Нагрев производили первыми пятью рядами в десятирядном пучке. \*\* Расчет производили по номограммам согласно рекомендациям нормативного метода [1].

Из таблицы следует, что опытные данные отличаются от расчетных. Для сравнения они показаны на рис. 3 и 4.

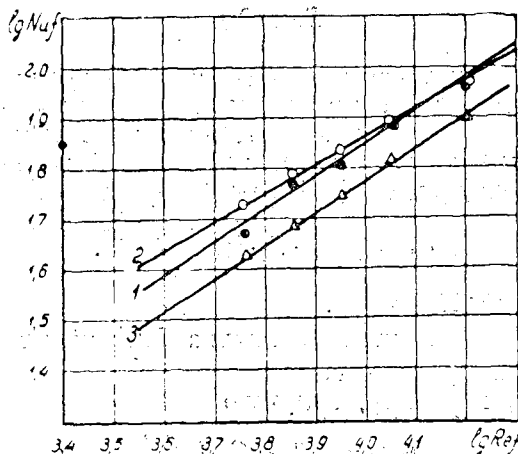


Рис. 3. Зависимость  $Nu_f = \Phi(Re_f)$  для 20-рядного сдвинутого пучка.

1 — экспериментальная зависимость; 2 — расчетная зависимость для 20-рядного шахматного пучка; 3 — расчетная зависимость для 20-рядного коридорного пучка.

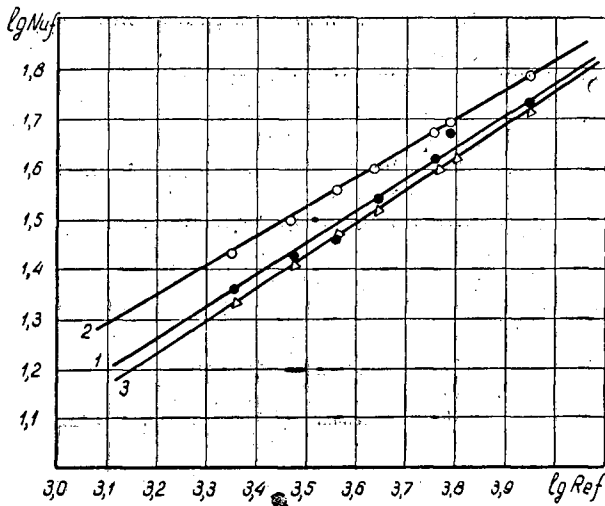


Рис. 4. Зависимость  $Nu_f = \Phi(Re_f)$   
для 5-рядного сдвинутого пучка.

1 — экспериментальная зависимость; 2 — расчетная зависимость  
для 5-рядного шахматного пучка; 3 — расчетная зависимость  
для 5-рядного коридорного пучка.

Опытным путем установлено, что интенсивность теплоотдачи в двадцатирядном сдвинутом пучке описывается уравнением

$$Nu_f = 0,209 \cdot Re_f^{0,63} *$$

а в пятирядном пучке —

$$Nu_f = 0,184 \cdot Re_f^{0,63}$$

### Выводы

1. При  $Re < 10^4$  условия теплоотдачи в сдвинутых котельных пучках рассматриваемого типа и в коридорных пучках по своему характеру и числовой зависимости в значительной мере сходны.

2. Числовое выражение интенсивности отдачи тепла в исследованном сдвинутом пучке при  $Re < 10^4$  может быть представлено как

$$Nu_f = 0,273 \cdot C_z \cdot Re_f^{0,63} \cdot Pr_f^{0,33}$$

где  $Pr$  — критерий Прандтля.

Для газовых теплоносителей величина  $Pr_f^{0,33}$  может быть вычислена заранее и уравнение упрощено.

Для воздуха, например, получено

$$Nu_f = 0,209 \cdot C_z \cdot Re_f^{0,63}$$

\* Аналогичная зависимость была найдена Я. Л. Польшовским и Ж. И. Беяковым [6] для коридорных пучков.

В приведенных уравнениях  $C_z$  — коэффициент рядности, величину которого в зависимости от числа рядов трубок в пучке следует принять из графика (рис. 5), построенного согласно рекомендациям М. А. Михеева [11] и учету специфических особенностей пучка.

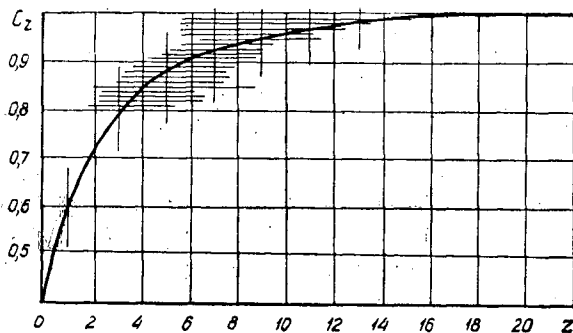


Рис. 5. Коэффициент рядности для сдвинутого пучка.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Антуфьев, Л. С. Казаченко. Теплопередача и сопротивление конвективных поверхностей нагрева. Под ред. Г. С. Белецкого, ОНТИ, 1938.
- [2]. А. А. Жукаускас. «Теплоэнергетика» № 4, 1955. [3]. В. П. Исаченко, Ф. Саломзода. «Теплоэнергетика» № 11, 1958. [4]. В. П. Исаченко, Ф. Саломзода. «Теплоэнергетика» № 8, 1960. [5]. Ф. П. Казакевич. «Теплоэнергетика» № 4, 1955, № 1, 1961. [6]. Н. В. Кузнецов, Э. С. Карасина. «Теплоэнергетика» № 6, 1954. [7]. Н. В. Кузнецов. Рабочие процессы и вопросы усовершенствования конвективных поверхностей котельных агрегатов. Госэнергоиздат, 1958. [8]. М. А. Михеев. Основы теплопередачи. Изд. 3-е, Госэнергоиздат, 1956. [9]. И. М. Михеева. «Теплоэнергетика» № 4, 1956. [10]. Я. Л. Польшовский. «Известия ВТИ» № 9, 1952. [11]. Я. Л. Польшовский, К. И. Беляков. «Теплоэнергетика» № 11, 1954. [12]. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под ред. доктора техн. наук, проф. М. И. Гурвича и доктора техн. наук Н. В. Кузнецова, Госэнергоиздат, 1957.

Поступила в редакцию  
14 июня 1963 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ТЕХНИЧЕСКОГО ЩЕЛОЧНОГО СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА НА ЕГО УСИЛИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА В РЕЗИНАХ

**Г. Л. ЧАСОВЩИКОВ**

Аспирант

**Ю. Г. КОРАБЛЕВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Московский институт тонкой химической технологии)

**Б. Д. БОГОМОЛОВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Щелочной сульфатный лигнин, введенный в каучук на стадии латекса, является эффективным усилителем, сравнимым в этом отношении с некоторыми видами углеродных саж. Однако, резины, усиленные лигнином, имеют большие отличия от саженаполненных резин, в частности, довольно низкие модули [1], [4], [5], [6]. Применение лигнина в резиновой промышленности задерживается в связи с тем, что нет технических условий на щелочной сульфатный лигнин как усилитель каучука, не выяснено влияние химического состава лигнина, условий его выделения из древесины, технологии введения в каучук и вулканизации на свойства лигнино-наполненных резин.

В настоящей работе было исследовано несколько образцов технического щелочного сульфатного лигнина Соломбальского бумажно-деревообрабатывающего комбината и Архангельского лесотехнического института. В табл. 1 приведена техническая характеристика этих образцов. Образцы Л-60, средняя проба партий ПВ-7-8-61, образцы ПВ-11-61 и ПВ-12-61 (подобные друг другу) были изготовлены с целью определения влияния непостоянства состава технического лигнина на его усиливающие свойства.

Образец ПВ-9 (водяная паста) был изготовлен с целью изучения возможности отказа от сушки нейтрализованного осадка лигнина для удешевления последнего.

Наконец, образцы 1-61, 3-61, 4-61- и 5-61 отличаются высоким содержанием водорастворимых.

В табл. 2 приведены результаты физико-механических испытаний резин, полученных при наполнении каучука СКС—ЗОШП лигнинами указанных выше образцов. Резиновые смеси готовили по следующему рецепту:



	Весовые части
Каучук	100
Лигнин (сухое вещество)	50
Тиурам	3
Окись цинка	5
Стеариновая кислота	2
Масло ПН-6	10

Т а б л и ц а 1

Название образца	Влажность, %	Содержание в сухом лигнине			
		смолистых, %	водорастворимых, %	зола*, %	лигнина, %
Л-60	6,52	2,48	9,72	1,48	84,7
Средняя проба партий ПВ-7-8-61	17,32	0,47	10,43	2,55	83,38
ПВ-9	60	2—3	13—14	3,82	80
ПВ-11-61	7,80	1,45	8,14	2,22	87,01
ПВ-12-61	7,38	0,23	10,02	1,56	85,46
1-61	5,93	2,98	20,14	4,29	69,01
3-61	5,62	2,01	65,7	3,98	30,0
4-61	6,86	2,25	29,58	8,66	69,07
5-61	14,49	2,15	25,21	7,36	72,15

Примечание. Сумма составляющих для образцов 1—61, 3—61, 4—61 и 5—61 больше 100%, так как водорастворимая часть золы входит и в зольность и в содержание водорастворимых.

Т а б л и ц а 2

Показатели	Единицы измерения	Образцы лигнина				
		Л-60	ПВ-7-8-61	ПВ-9	ПВ-11-61	ПВ-12-61
Дефо твердости	Г	3100	2800	3100	3750	3700
Дефо эластичности	мм	3,8	4,0	4,3	4,5	4,0
Модуль 300%	кг/см <sup>2</sup>	73	45	47	56	58
Предел прочности при разрыве	"	282	245	257	266	269
Относительное удлинение	%	675	663	690	710	690
Остаточное удлинение	"	28	27	33	29	32
Сопротивление раздиру	кг/см	80	63	59	56	61
Твердость по Шору	ед.	74	68	81	80	79
Показатель истирания	см <sup>3</sup> /квт · ч	237	270	340	280	300
Закоперемный изгиб	тыс. циклов	—	—	12	24	19
После старения (24 часа при 130°C)						
Модуль 300%	кг/см <sup>2</sup>	87	50	50	62	67
Предел прочности при разрыве	"	252	200	180	230	225
Относительное удлинение	%	680	715	830	630	710

Из этих данных видно, что в среднем лигнины партий Л-60, ПВ-7-8-61, ПВ-9, ПВ-11-61 и ПВ-12-61 показывают хорошие результаты по пределу прочности при разрыве, относительному и остаточному удлинениям, сопротивлению раздиру, хорошо сопротивляются тепловому старению. Лигнино-наполненные резины обладают высокой твердостью,

\* При растворении лигнина в щелочи перед смешением с латексом не растворимую в воде часть золы отфильтровывали.

низкими модулями и сравнительно низким сопротивлением истиранию. Даже для нестандартных образцов технического лигнина отклонения показателей от средних величин составляют  $\pm 8,5\%$ , что допустимо ГОСТами на испытания резины. Установление единой технологии выделения, промывки и сушки лигнина из сульфатных щелоков целлюлозно-бумажного производства позволит значительно снизить эти отклонения.

В табл. 3 приведены физико-механические показатели резин, наполненных лигнином с повышенным содержанием водорастворимых.

Таблица 3

Показатели	Единицы измерения	Образцы лигнина			
		1-61	3-61	4-61	5-61
Дефо твердости . . . . .	Г	2540	3540	2800	2300
Дефо эластичности . . . . .	мм	3,7	2,6	3,6	3,6
Модуль 300% . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	49	49	43	31
Предел прочности при разрыве . . . . .	"	179	72	194	192
Относительное удлинение . . . . .	%	682	507	720	740
Остаточное удлинение . . . . .	"	24	36	26	22
Сопротивление раздиру . . . . .	кг/см	43	46	71	48

Повышение содержания водорастворимых (см. табл. 1 и 3) в техническом лигнине значительно ухудшает его свойства как усилителя резин, повышает расход щелочи и кислоты при растворении лигнина и коагуляции лигнино-латексной смеси. Это ухудшение связано, по-видимому, с некоторым нарушением образования лигнино-каучукового комплекса при совместной коагуляции. Извлечение водорастворимых из лигнина приводит к улучшению свойств резин.

Изменения количества смолистых, золы (при условии отфильтровывания ее не растворимой в воде части перед омешением раствора лигнина с латексом), растворимости в спирте и щелочи в пределах данных испытанных образцов почти не сказываются на свойствах резин.

Влажность технического лигнина необходимо регулировать, исходя из экономических соображений (учитывая, что расходы на сушку отчасти компенсируются снижением расходов на транспортировку сухого лигнина). В образцах технического лигнина с влажностью от 6 до 17% не наблюдалось комкования или влияния влажности на свойства резин. Наиболее приемлемыми для технологии резины с практической точки зрения являются образцы воздушно-сухого лигнина с влажностью порядка 6%, что обеспечивает постоянство дозировок лигнина.

Зольность испытанных образцов лигнина, помимо водорастворимого сульфата натрия, обуславливается загрязнением осадка лигнина речным песком, вносимым водой при отмывке нейтрализующей кислоты. Эта часть зольности должна быть снижена до минимума, так как даже небольшие включения твердых частиц песка в резине способны стать очагами разрушения. Так, содержание около 0,1% песка понижает сопротивление растрескиванию протекторных резин с канальной сажей ЕРС при многократных деформациях почти на 50% [7].

Повышение содержания смолистых от 0,23 до 2,98% на сухой лигнин (от 0,12 до 1,5 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука) не отражается на свойствах резин, так как обычно для получения эффекта пластификации в резину вводятся пять и более весовых частей мягчителей, например, сосновой смолы.

Повышение содержания лигнина в техническом лигнине всегда приводит к улучшению свойств резины, почти независимо от колебаний содержания других составляющих (смолистых, золы) и растворимости в спирте и щелочи в пределах данных образцов. В табл. 4 приведены техническая и химическая характеристики фракций ПВ-12-61 и некоторых других образцов лигнина.

Таблица 4

Показатели	Единицы измерения	Образцы лигнина							
		Л-60	ПВ-7-8-61	ПВ-11-61	ПВ-12-61	фракции ПВ-12-61			
						1	2	3	4
Влажность . . . . .	%	6,52	17,32	7,80	7,38	4,83	9,62	4,59	9,83
Зольность* . . . . .	"	1,48	2,55	2,22	1,56	0,22	2,55	0,27	2,89
Растворимость в 0,1N NaOH . . . . .	"	—	99,3	100	99,8	99,8	97,5	99,7	97,1
Суммарное содержание карбоксиллов, фенольных и энольных гидроксиллов . . . . .	мг-экв/г	5,02	5,08	4,91	5,35	4,82	5,00	5,16	5,01
Содержание карбоксиллов . . . . .	"	0,92	0,82	1,27	0,88	0,74	0,47	0,96	0,30
Содержание гидроксиллов (по разности) . . . . .	"	4,10	4,26	3,64	4,47	4,08	4,53	4,20	4,71
Метоксилы . . . . .	%	12,4	12,69	12,28	12,70	11,15	12,48	12,53	13,43

Образец ПВ-12-61 был фракционирован этиловым спиртом на четыре фракции: 1) растворимая в холодном спирте; 2) не растворимая в холодном спирте; 3) не растворимая в холодном, но растворимая в кипящем спирте; 4) не растворимая в кипящем спирте. Фракции 2 и 4 сильно отличаются от фракций 1 и 3 по содержанию карбоксильных групп (в 2—3 раза) и по растворимости в спирте, то есть по величине молекулярного веса. В табл. 5 приведены физико-механические показатели резины с фракционным лигнином.

Таблица 5

Показатели	Единицы измерения	Фракции лигнина ПВ-12-61			
		1	2	3	4
Дефо твердости . . . . .	Г	2100	2620	1950	3000
Дефо эластичности . . . . .	мм	3,9	3,8	3,5	3,25
Модуль 300% . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	32	55	43	57
Предел прочности при разрыве . . . . .	"	112	260	124	275
Относительное удлинение . . . . .	%	687	715	680	730
Остаточное удлинение . . . . .	"	21	21	20	36
Сопrotивление раздиру . . . . .	кг/см	16	81	13	70
Твердость по Шору . . . . .	ед.	67	68	64	81
Показатель истирания . . . . .	см <sup>2</sup> /кат · ч	430	335	440	330
Знакопеременный изгиб . . . . .	тыс. циклов	67	45	92	10
После старения (24 часа при 130°C)					
Модуль 300% . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	—	60	45	62
Предел прочности при разрыве . . . . .	"	—	230	74	190
Относительное удлинение . . . . .	%	—	750	670	740

Из таблицы видно, что растворимые в спирте фракции очень сильно отличаются от нерастворимых по своему воздействию на каучук.

\* При растворении лигнина в щелочи не растворимую в воде часть золы отфильтровывали.

Первые дают мягкие непрочные резины с низкими модулями, плохим сопротивлением раздиру, истиранию и старению. Высокие показатели сопротивления утомлению при многократных деформациях в режиме постоянных амплитуд объясняются низкими модулями резин. Не растворимые в спирте фракции дают высокопрочные резины с хорошим сопротивлением раздиру, истиранию и старению.

При исследовании способности к усилению различных партий лигнинов не наблюдалось никакой зависимости от содержания в них фенольных и энольных гидроксильных, метоксильных и карбоксильных групп. Определяющие факторы в усилении каучуков лигнином — чистота технического лигнина (содержание «лигнина в лигнине») и величина его среднего молекулярного веса, от которого зависит способность к растворению в спирте. Известно [2], что легко растворимые фракции лигнина — низкомолекулярные — обладают наименьшими усиливающими способностями.

При фракционном высаживании лигнина из сульфатных щелоков (сначала углекислотой, затем серной кислотой) получаются две фракции, которые, по-видимому, различаются между собой прежде всего средним молекулярным весом. Степень усиления каучука «углекислотным» лигнином, выделяющимся при более высоких значениях рН, значительно больше, чем высаженным серной кислотой из щелока, оставшегося после обработки углекислотой [3].

При искусственной обработке лигнина тиомочевинной и формальдегидом, приводящей к сшиванию его частиц между собой увеличивается средний молекулярный вес лигнина; последний повышает степень усиления каучука [8], [9], [10].

Таким образом, фракции лигнина с высоким молекулярным весом являются наиболее эффективными усилителями каучука.

### Выводы

Исследованы образцы технического щелочного сульфатного лигнина с различным содержанием влаги, водорастворимых, смолистых и золы. Показано, что небольшие колебания в содержании этих компонентов почти не оказывают влияния на качество лигнина как усилителя резины. Повышение содержания «лигнина в лигнине» и, соответственно, снижение количества водорастворимых улучшает свойства лигнино-наполненных резин; содержание не растворимой в воде золы («песка») должно быть сведено к минимуму. Показано, что основное усиление лигнином обуславливается его высокомолекулярными фракциями, не растворимыми в этиловом спирте. Повышение среднего молекулярного веса щелочного лигнина приводит к увеличению его усиливающей способности.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, Э. Г. Лазаряну, Н. В. Щербакова, З. М. Румянцева, Д. П. Емельянов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1959. [2]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. Л. С. Ясенкова. Диссертация. МИТХТ, 1953. [4]. T. R. Dawson, Trans. IRI, 1949. [5]. I. Sagaillo. Proc. of the 3 Rubb. Techn. Conf., London, 1954. [6]. I. Sagaillo. Rubb. Chem. a Techn № 2. 1957. [7]. Rubber 6, a Plastics Weekly, № 25, 974, 1962. [8]. G. S. Mills, пат. США № 2845397, 29, 7, 1958. [9]. Н. Е. Нахо, G. S. Mills, пат. США № 2890183, 9, 1959. [10]. G. S. Mills, Н. Е. Нахо, пат. США № 2906718, 28, 9, 1959.

Поступила в редакцию  
9 апреля 1963 г.

## НЕОБИЕТИН И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ В НЕЙТРАЛЬНЫХ МАСЛАХ ХВОЙНОЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ СМОЛЫ

**В. Е. КОВАЛЕВ**

Доцент

**О. М. ГОС**

Научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

Нейтральные масла, выделяемые при переработке отстойных смол, до сих пор сравнительно мало изучены и не имеют практического значения, хотя их количество может быть весьма значительным. Так, по данным А. Н. Водзинской, в фенольных маслах крестецкой газогенераторной смолы (сырье — хвойные лесосечные отходы без хвойной лапки) содержится 34% нейтральных веществ.

Ранее проведенные работы Н. М. Силищенской [3] по анализу нейтральных масел убедили нас в том, что разобраться в их химическом составе можно только в том случае, если наряду с классическими способами исследования будут применены такие, как хроматография и спектральный анализ. В настоящей статье изложены первые результаты наших работ.

### *Хроматография нейтральных масел на окиси алюминия*

Цель опыта: разделение нейтральных на «окисленную» и «углеводородную» части.

Рассмотрим данные хроматографии нейтральных масел (см. табл. 1). Первые две фракции (основные по весу) имеют низкий показатель преломления, следовательно, в них может содержаться лишь небольшое количество соединений с конденсированными ароматическими ядрами, что противоречит принятому мнению о составе углеводородной части нейтральных (правда, ранее исследовали масла, выделенные из смол другого происхождения).

Исходные нейтральные содержали 81,4% углерода и 9,7% водорода. В первых двух фракциях среднее содержание углерода — 84,5%, водорода — 10,2%; в последующих фракциях — углерода 75,0%, водорода 8,0%. Разница в содержании кислорода между первыми фракциями (углеводородная часть) и последующими (окисленная или кислородсодержащая часть) составила около 11,5%, наибольшая разница между первой и двадцатой фракциями — 14,2%.

Поставленные нами опыты по селективной экстракции нейтральных масел хвойной газогенераторной смолы показали, что хроматография

Таблица 1

№ фракций	Объем растворителя	Вес фракций, Г.	Показатель преломления	С, %	Н, %
1	525	17,4	1,5385	85,3	10,52
2	212	9,0	1,5408	83,32	8,82
3	65	1,28	1,5348	79,4	9,6
4—5	50	0,83	1,5318	79,05	9,53
6—7	135	0,72	1,5308	78,65	9,52
8	35	0,15	1,5360	78,2	9,31
9	406	1,67	1,5420	76,4	8,51
10	70	0,18	—	77,2	8,17
11	150	0,30	—	76,3	8,04
12	180	0,32	—	77,4	8,18
13	95	0,10	—	76,5	7,94
14	280	0,40	—	75,6	7,88
15	270	0,30	—	75,0	7,88
16	245	0,18	—	73,55	7,81
17	325	0,22	—	74,75	7,75
18	217	0,10	—	73,5	7,42
19	250	0,08	—	75,2	7,49
20	235	0,05	—	74,0	7,6
21	2070	0,55	—	76,9	8,59
22—27	1122	0,20	—	75,4	8,87
28	975	0,15	—	77,3	9,51
29	628	0,07	—	76,05	9,25
30	381	0,46	—	78,95	9,75
31	5000	Следы	—	78,95	—
32*		7,5	1,5115	72,65	9,46
33**		0,3	—	72,4	8,47
34***		4,3	—	66,7	8,52

\* До 31 фракции включительно колонку промывали бензолом, в 32 фракцию собраны вещества легко вымываемые ацетоном. \*\* Трудно вымываемые ацетоном. \*\*\* Вымываемые смесью ацетона и уксусной кислоты; по-видимому, это фенолы, так как растворялись в щелочи после удаления растворителя.

Таблица 2

Селективная экстракция нейтральных масел хвойной газогенераторной смолы  
(навеска нейтральных 20 Г)

№ опытов	Количество растворителей, мл			Получено, %		Элементарный состав, %			
	спирт	петро- лейный эфир	вода	углево- дородная часть	кислород- содержа- щие	углеводородная часть		кислородсодер- жащие	
						С	Н	С	Н
1	200	200	25	58	42	84,5	10,4	77,5	8,8
2	200	200	5	30	70	84,0	10,5	80,6	9,5
3	200	200	15	58	42	83,7	10,5	78,6	8,8
4	310	310	76	75	25	82,7	10,5	77,0	8,3
5	310	310	32	65	35	84,6	10,5	77,8	8,8
6	310	320	14,5	54	46	84,3	10,6	78,2	—

на окиси алюминия дает более четкое разделение нейтральных на углеводородную и окисленную части (см. табл. 2), в отличие от данных Н. М. Силищенской.

Соединения, содержащие более 10% кислорода, распределились в 32 фракциях. Учитывая, что все фракции имели небольшой вес и содержали не менее трех компонентов, мы решили исследовать кислородсодержащие соединения другими способами.

Первую фракцию хроматографировали повторно. Данные анализа полученных фракций приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ фракций	Вес, Г	Элементарный состав, %		
		С	Н	О
1	7,09	84,3	12,2	3,5
2	1,27	88,3	9,1	2,6
3	2,08	88,8	7,8	3,4
4	0,81	82,3	8,25	9,55
5	1,43	82,25	8,75	9,0
6	0,30	80,0	8,83	11,17
7	0,13	80,5	9,50	10,00
8	0,09	80,5	9,26	10,24

Первые три фракции содержали небольшое количество кислорода, поэтому они были подвергнуты дальнейшей обработке с целью выделения углеводов. Разведочные опыты с небольшими навесками фракций показали, что наиболее перспективной для исследования является третья фракция, из которой нам удалось выделить два компонента в почти чистом состоянии с помощью третьей хроматографии. Вновь было получено всего шесть фракций, все они дали характерные спектры поглощения в ультрафиолетовой области, причем резкое отличие спектров первой и второй фракций свидетельствует о весьма четком их разделении (см. рис. 1). Рассмотрение спектров поглощения позволяет сделать вывод, что, возможно, вторая и третья фракции также содержат лишь одно вещество\*. Наличие полосы поглощения при  $\lambda = 232,5$  и  $257 \text{ м}\mu$  говорит о том, что в анализируемых фракциях содержатся вещества с сопряженной системой двойных связей. Ими могут быть продукты декарбоксилирования смоляных кислот. Имеются сведения о присутствии этих продуктов в смолах термолиза хвойной смолистой древесины [1]. В 1961 г. Д. В. Тищенко обратил внимание на оптическую активность ряда фракций нейтральных масел, выделенных из ижевской газогенераторной смолы, что также говорит о присутствии подобного рода веществ, однако никаких конкретных сведений о строении продуктов декарбоксилирования нет, хотя они и имеют общее название «абиедин» [2].

Нами был поставлен опыт декарбоксилирования канифоли. Даже грубая хроматография полученных нейтральных продуктов позволила показать в двух фракциях наличие веществ, имеющих спектры поглощения при  $\lambda_{max} = 257 \text{ м}\mu$  (см. рис. 2). Таким образом, выделенные нами компоненты нейтральных масел обязаны своим происхождением смоляным кислотам, содержащимся в газифицируемом сырье. Мы предположили, что вещество с  $\lambda_{max} = 257 \text{ м}\mu$  является неоабиедином, так как неоабиединовая кислота имеет полосу поглощения при наиболее близком значении ( $\lambda_{max} = 250 \text{ м}\mu$ ). Сдвиг полосы поглощения на  $7 \text{ м}\mu$ , по-видимому, объясняется влиянием декарбоксилирования. Присутствие неоабиедина в нейтральных маслах хвойной газогенераторной смолы легко объяснить следующими фактами: 1) неоабиединовая кислота входит в состав первичных смоляных кислот; 2) при нагревании до  $300^\circ \text{C}$  абиединовая кислота частично изомеризуется в неоабиединовую [4].

По всей вероятности, декарбоксилированию подвергается не сама абиединовая кислота, а продукты ее изомеризации и, в частности, нео-

\* Данных для объяснения перегибов при  $\lambda_{max} = 280$  и  $287 \text{ м}\mu$  у нас пока не имеется.

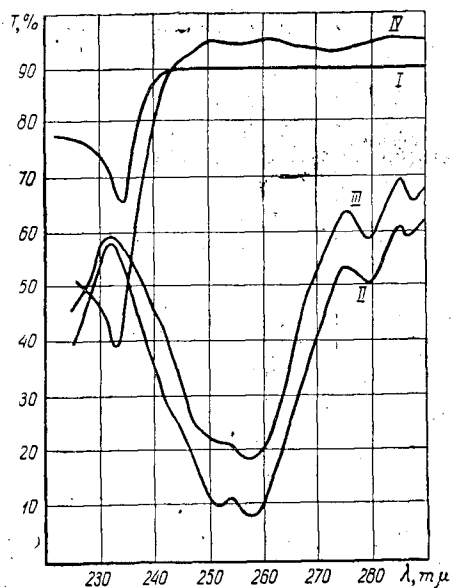


Рис. 1. Спектры поглощения в гептане фракций, полученных после третьей хроматографии исходных нейтральных масел на щелочной окиси алюминия. I, II, III, IV — номера фракций.

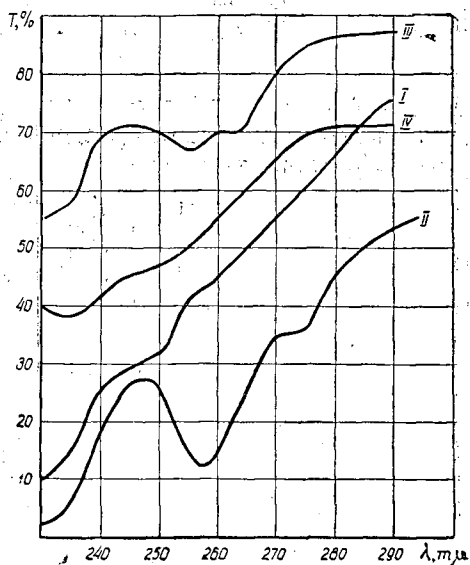


Рис. 2. Спектры поглощения фракций хроматографии нейтральных продуктов декарбоксилирования канифоли. I, II, III, IV — номера фракций.

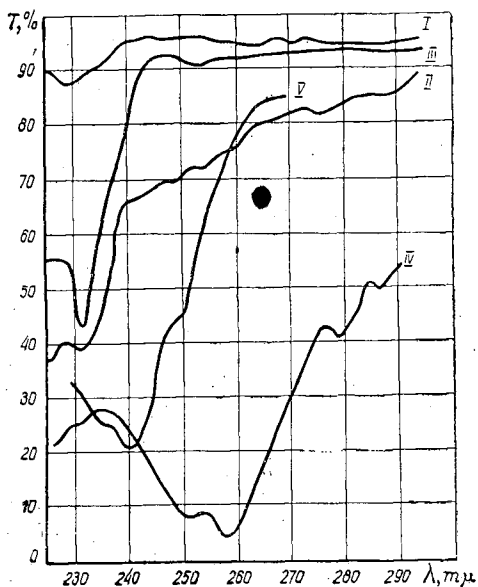


Рис. 3. Спектры поглощения фракций хроматографии: I, II, III, IV — нейтральных продуктов декарбоксилирования абиегиновой кислоты; V — исходной абиегиновой кислоты.

абиегиновая кислота. В этом нас убедил и разведочный опыт по декарбоксилированию чистой абиегиновой кислоты, так как в продуктах нейтрального характера, полученных при этом, мы не нашли веществ с  $\lambda_{max}$



при 240  $m\mu$ , то есть сохранивших структуру исходной кислоты (см. рис. 3). Интересно отметить, что в продуктах декарбокислирования абиединовой кислоты содержится и другое, ранее выделенное нами вещество, имеющее максимальное поглощение при 232,5  $m\mu$ .

Для доказательства наличия именно неоабиедина в нейтральных маслах было проведено исследование по следующему плану:

1. Разделение нейтральных на окисленную и углеводородную части.
2. Разгонка углеводородной части нейтральных.
3. Анализ той фракции, в которой возможно ожидать наибольшее количество неоабиедина.

Выбор нужной фракции был несложным, так как известны физические константы «абиединов», полученных при декарбокислировании каинифоли и абиединовой кислоты [2].

Исследование интересующей нас фракции было решено проводить по двум направлениям: 1) хроматография на окиси алюминия; 2) озонирование фракции и определение ацетона в продуктах разложения озонидов.

Первое направление нам казалось целесообразным, так как именно таким путем мы получили предполагаемый неоабиедин из суммарных нейтральных масел. Второе направление наметили, исходя из того, что имеется способ определения неоабиединовой кислоты по количеству ацетона, образующегося после разложения озонида, так как из известных смоляных кислот только неоабиединовая содержит изопропилную группу, связанную с циклом двойной связью.

В соответствии с намеченным планом навеска нейтральных была обработана двумя несмешивающимися растворителями в условиях опыта 5 (табл. 2). Выделенная углеводородная часть была разогнана на десятиградусные фракции. Зная физические константы абиедина, для дальнейшего исследования мы выбрали одиннадцатую фракцию, кипя-

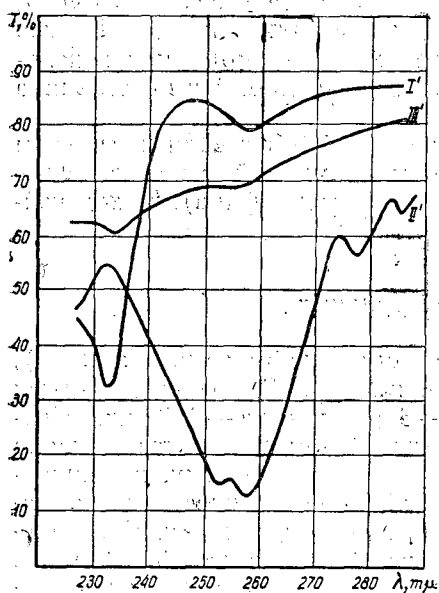


Рис. 4. Спектры поглощения веществ, выделенных хроматографией II фракции «углеводородной» части нейтральных масел. I', II', III' — номера фракций.

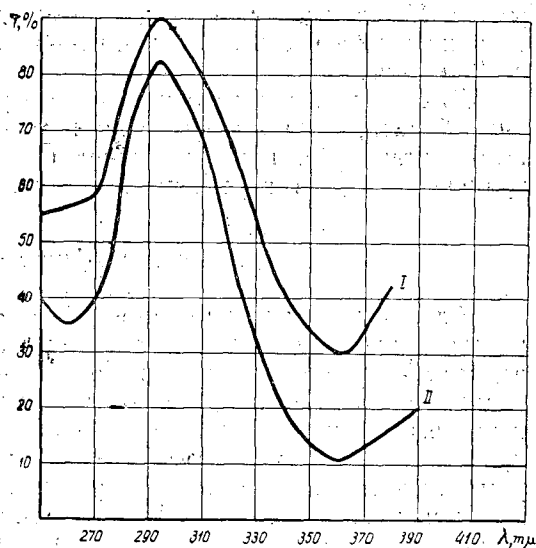


Рис. 5. Спектры поглощения 2,4-динитрофенилгидразонов, полученных: I — из летучих продуктов разложения озонидов II фракции «углеводородной» части нейтральных масел; II — из ацетона.

щую при температуре 160—170° С при остаточном давлении 2 мм рт. ст. Эта фракция оказалась наибольшей по весу и содержала наибольшее количество оптически деятельных веществ. При охлаждении фракция закристаллизовалась, кристаллическая фаза была частично отделена с помощью пористых пластинок. После ряда перекристаллизаций было получено вещество серебристо-белого цвета с температурой плавления 56° С. Элементарный состав соответствовал формуле  $C_{24}H_{48}O$ . С помощью ИК спектров установлено, что выделенное вещество является насыщенным кетоном.

Небольшую навеску 11 фракции от разгонки углеводородной части нейтральных хроматографировали на окиси алюминия в тех же условиях, в каких проводили третью хроматографию исходных нейтральных (см. выше). Особенно характерные УФ спектры поглощения дали первые фракции I' и II' (рис. 4). Вновь полученные спектры поглощения почти точно соответствуют тем, которые приведены на рис. 1. Озонирование 11 фракции позволило доказать наличие в ней именно неоабетина, так как в продуктах разложения озонидов был найден ацетон. УФ спектры 2,4-динитрофенилгидразона из ацетона и из летучих продуктов разложения озонидов (см. рис. 5) были идентичными.

### Экспериментальная часть

Для выделения нейтральных масел мы использовали смолу, полученную при газификации хвойных лесосечных отходов на установке В. А. Лямина. Влажная отстойная смола была перегнана на лабораторной непрерывно действующей установке. Нагрев смолы осуществляли в стеклянных или медных змеевиках, погруженных в сплав Вуда с температурой не выше 300° С, так как в противном случае трубки почти мгновенно закоксуывались.

Выход масел был не ниже 60—65%, считая на безводную смолу, если остаточное давление в приемнике составляло от 40 до 100 мм рт. ст. Производительность установки для нагрева смолы при использовании двух змеевиков длиной 40—60 см и диаметром 2 мм составляла 2—3 кг/час.

Для удаления кислот полученные масла обрабатывали раствором бикарбоната, нейтральные были выделены промывкой щелочью эфирного раствора бескислотных масел (после удаления эфира). Выход нейтральных 25% в пересчете на сухие масла.

### Хроматография нейтральных

Адсорбент — окись алюминия III степени активности (по Брокману), растворитель — бензол. Навеска нейтральных — 49 г, количество окиси алюминия — 1500 г. Диаметр колонки — 3 см, высота — 120 см. Нейтральные масла были растворены в минимальном количестве бензола и после того, когда почти весь раствор впитался в колонку, проводили промывку бензолом. Контроль за хроматографией осуществляли замером показателя преломления раствора на выходе из колонки. Для определения показателя преломления было взято всего около 200 проб. Фракции, близкие по показателю преломления, объединяли. Когда бензол перестал вымывать какие-либо вещества из колонки, стали проводить промывку ацетоном.

Не вымываемые ацетоном вещества были извлечены смесью ацетона с уксусной кислотой.

### Вторая и третья хроматографии

Адсорбент — щелочная окись алюминия 11 степени активности (по Брокману). Растворитель — фракция бензина с температурой плавления 60—100° С. Контроль — по изменению показателя преломления раствора на выходе из колонки (интерферометр ИТР-2). В случае третьей хроматографии навеска — 0,5 г, высота колонки — 20 см, диаметр — 1 см.

УФ спектры поглощения получены на спектрофотометре СФ-4. Для растворения фракций использовали гептан.

### Декарбоксилирование канифоли

Неокисленную часть канифоли нагревали в токе  $\text{CO}_2$  в течение 6 час при температуре 300—320° С, после чего отгоняли наиболее легко кипящую фракцию. Для отделения кислот перегон растворяли в эфире и промывали щелочью. Нейтральные продукты после сушки хроматографировали на щелочной окиси алюминия. Контроль — по изменению показателя преломления раствора на выходе из колонки. Для промывки колонки использовали бензин с температурой кипения 60—100° С.

### Декарбоксилирование абиетиновой кислоты

Абиетиновая кислота, взятая для опыта, имела температуру плавления 173—175° С. Спектр ее приведен на рис. 3. Нагревание кислоты проводили в токе  $\text{CO}_2$  в течение 6 час при температуре 300—320° С. Обработка продуктов декарбоксилирования такая же, как и в предыдущем опыте с канифолью.

Данные по разгонке углеводородной части нейтральных мы не приводим, так как они не представляют существенного интереса.

Хроматографию 11 фракции на окиси алюминия проводили так же, как хроматографию продуктов декарбоксилирования канифоли.

Озонирование небольшой навески 11 фракции проводили в гептане и в уксусном ангидриде. Раствор озонидов кипятили с водой, после чего на колонке отбирали наиболее легколетучую часть продуктов разложения озонидов вместе с водой. Конденсат обрабатывали насыщенным раствором сернистого 2,4-динитрофенилгидразина, причем сразу же выпадал осадок гидразона ацетона. После промывки осадка сначала 2 N серной кислотой, а затем водой было получено кристаллическое вещество желтого цвета, спектр поглощения которого в ультрафиолетовой области точно соответствовал спектру поглощения 2,4-динитрофенилгидразона, полученного из ацетона.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. А. Бобрюв. О составе древесной смолы. ЖПХ № 4, 1929. [2]. Н. Ф. Комшилов. Состав канифоли и строение смоляных кислот сосны и ели. Изд-во АН СССР, 1955. [3]. Н. М. Силищенская. Нейтральные масла древесных смол. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 1956. [4]. Journal of the American Chemical Society, 1948, 70, 334 и 339.

## ЭКСТРАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД\*

МИРОСЛАВ МАГДАЛИК

Инженер

(Институт древесины, целлюлозы и химических волокон Словацкой Академии наук)

С обработкой древесины лиственных пород связано много проблем, например, использование при сульфитном способе производства целлюлозы. Известно, что при обработке свежесрубленной древесины хвойных и лиственных пород возникают определенные трудности, связанные с наличием экстрактивных веществ. Химический состав этих веществ в разных породах различен.

Экстрактивные вещества служат запасными веществами, которые могут храниться, как крахмал или жиры, и превращаться в растворимые сахараиды. Предполагают, что между сахараидами и жирами происходят обратимые реакции, хотя подробный механизм их превращения недостаточно объяснен.

Образование экстрактивных веществ обусловлено ненормальной активностью паренхимных клеток незадолго до их омертвления. С накоплением этих веществ происходит инклюзия в сердцевину и через определенное время их состав и количество становится постоянным.

Различное разложение экстрактивных веществ в хвойных и лиственных породах объясняется разными микроструктурами этих древесин. В лиственных породах экстрактивные вещества расположены преимущественно в паренхимных клетках. Незначительное количество их находится в сосудах, но последние входят в состав древесины лишь в очень малой степени. Было определено, что древесина сердцевины содержит обычно больше экстрактивных веществ, чем древесина заболони.

Главную часть экстрактов из лиственных пород образуют липоидные вещества. Экстрактивные вещества не вытекают на поверхность при ранении древесины. Их можно получить экстракцией древесных опилок; последнюю проводят в аппарате Сокслета.

Мы избрали для экспериментов два вида лиственных пород: бук и тополь; в качестве растворителя применили петролейный эфир, который экстрагирует из древесины в большинстве случаев вещества липоидного характера, например: высшие жирные кислоты, глицериды, фитостеролы, их сложные эфиры и т. п.

Для экстракции остальных компонентов (лигнина, сахараидов и т. п.) применяют более полярные растворители.

\* По материалам доклада на конференции «Новые направления в обработке древесной массы», 6—9 сентября 1961 г., Смопнице, Чехословакия.

Содержание экстрактивных веществ в разных частях дерева различно. Их состав и количество могут быть обусловлены возрастом и породой древесины, климатическими условиями, временем года и т. п.

Известно, что химический состав экстрактивных веществ свежесрубленной древесины отличается от состава выдержанной. В свежесрубленной они имеют маслообразный характер, но со временем постепенно превращаются и приобретают твердую форму. Общее количество экстрактивных веществ в древесине при этом уменьшается, вероятно, происходит гидролиз некоторых соединений.

Было определено, что свежая древесина тополя содержит гораздо больше экстрактивных веществ липоидного характера, чем буковая. После выдерживания содержание этих веществ у древесины тополя снижается почти наполовину, в то время как у буковой это уменьшение не так заметно (табл. 1).

Таблица 1

Название образца	Содержание экстрактивных веществ, %
Бук:	
свежие опилки . . . . .	0,22
выдержанные опилки . . . . .	0,19
Тополь:	
свежие опилки . . . . .	0,95
выдержанные опилки . . . . .	0,55

Ацидные компоненты можно получить из экстракта после обработки образца петролевым эфиром, при этом получается две фракции — омыляемая и неомыляемая.

Омыляемая состоит из двух частей: первая переходит в щелочной раствор (NaOH) при комнатной температуре, вторая — в горячий раствор (KOH). В холодном щелочном растворе свободные кислоты остаются, в то время как в горячем состоянии соединения, в которых связаны кислоты, омыляются.

Во второй фракции остаются неомыляемые глицериды, сложные эфиры фитостеролов и другие, до сих пор неидентифицированные соединения.

В экстрактах лиственной древесины находится значительное количество непредельных и предельных высших жирных кислот. Нашей целью было качественно доказать главные компоненты высших жирных кислот. Для идентификации этих веществ применили хроматографию на бумаге.

Непредельные жирные кислоты можно определить в присутствии предельных. В экстрактах буковой древесины доказали наличие следующих кислот: олеиновой, линолевой и линоленовой и возможно рицинолевой, эйкозановой и эруковой. В экстрактах древесины тополя встречаются все непредельные жирные кислоты, которые были определены в буковой (кроме рицинолевой).

Непредельные кислоты образуют с предельными так называемые «критические пары». Хроматографией на бумаге их очень трудно разделить, потому что кислоты, образующие такие пары, имеют равную  $R_f$  — величину.

Наиболее испытанные способы их разделения:

- 1) гидрогенизация непредельных кислот и их установление как предельных;

2) действие сильных окислительных реагентов на смесь непредельных и предельных кислот. Окисление происходит на месте двойной связи при образовании моно- и дикарбоновых кислот с меньшим количеством углеродных атомов. Насыщенные жирные кислоты при окислении не деградируют;

3) хроматография на бумаге при низких температурах ( $-30^{\circ}\text{C}$ ), при этом выявляются непредельные кислоты.

В буковой древесине находятся предельные жирные кислоты с числом углеродных атомов от 14 до 24. Из кислот с четным числом этих атомов определили миристиновую, пальмитиновую, стеариновую, арахиновую (эйкозановую), бегеновую, лигноцериновую; из кислот с нечетным числом — кислоту  $\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$ . Из предельных кислот в экстрактах буковой древесины больше всего содержится пальмитиновой.

В древесине тополя обнаружили предельные кислоты в диапазоне  $\text{C}_{25}$ — $\text{C}_{26}$ . Из непредельных определили все кислоты с четным числом углеродных атомов в диапазоне  $\text{C}_{16}$ — $\text{C}_{26}$ . Из кислот с нечетным числом —  $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$ ,  $\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$  и  $\text{C}_{21}\text{H}_{42}\text{O}_2$ .

В свежей древесине высшие жирные кислоты находятся в большинстве случаев в форме сложных эфиров. Об этом свидетельствует то, что при хроматографии экстрактов из свежих опилок получаем очень мало свободных кислот. (При выдерживании они постепенно выделяются из гидролизующихся сложных эфиров). Гораздо больше кислот прочно связано и для их выделения нужно пользоваться сильной щелоческой средой.

Кроме жирных кислот в экстрактах лиственных древесин обнаружено присутствие фитостеролов и их эфиров. Эти вещества должны были бы принадлежать к неомыляемой фракции, но мы установили, что некоторые из них переходят также и во фракцию омыляемых веществ, причем затрудняют определение кислотных компонентов и могут оказать влияние на их определение в неомыляемой фракции. Попытку для определения числа фитостеролов и их эфиров мы провели во всех образцах. Отделение фитостеролов от высших жирных кислот проводится при помощи активированной окиси алюминия. Высшие жирные кислоты абсорбируются, в то время как фитостеролы и их эфиры вымываются.

В экстрактах древесины бука обнаружили 4 фитостерола, в экстрактах тополя — 5. У обеих пород древесины был идентифицирован бета-фитостерол. Экспериментально это установили хроматографией на бумаге путем сравнения незнакомого фитостерола со стандартом чистого бета-фитостерола и их инфра-спектров; гидрогенизацией незнакомого стерола и сравнением с бета-фитостеролом.

Определили также, что некоторые сложные эфиры фитостеролов под действием алкогольного КОН омыляются. Продукты омыления — свободные фитостеролы (главным образом, бета-фитостерол) и непредельные кислоты (олеиновая, линоленовая).

Поступила в редакцию  
17 декабря 1962 г.

## К ВОПРОСУ О ТИПАХ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ \*

И. И. ОРЛОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук  
(Институт биологии УФАИ СССР)

В зависимости от характера изменчивости того или иного вида смолопродуктивности (технологической или биологической) в течение всего срока подсочки соснового древостоя следует, по нашему мнению, различать три типа смолопродуктивности: нормальная, ненормальная и прогрессивная.

В первом случае смолопродуктивность остается одинаковой в течение всего срока подсочки [1], [2]; во втором и третьем случаях она соответственно понижается или повышается во второй половине срока.

Исходя из положения, что смолопродуктивность — надежный признак жизнеспособности дерева [4], можно считать нормальную смолопродуктивность показателем благополучного (нормального) состояния соснового древостоя, находящегося несколько лет в подсочке; это состояние обуславливается, в основном, нормальной нагрузкой деревьев. При такой смолопродуктивности можно проводить подсочку и после ее планового срока, если лес по какой-либо причине не поступает в рубку [3].

Ненормальная смолопродуктивность указывает на нарушение жизнедеятельности сосновых деревьев, вызванное перегрузкой их каррами. Например, при десятилетней подсочке первое пятилетие характеризуется более или менее устойчивой средней смолопродуктивностью, первые два-три года второго пятилетия показали заметное понижение ее. В этом случае необходимо изменить технологию подсочки путем снижения нагрузки (за счет консервации одной карры) или увеличения паузы между подновками и уменьшения их глубины. Как крайняя мера при резком понижении смолопродуктивности следует древостою предоставить 1—2 года отдыха.

Наконец, третий тип смолопродуктивности характеризует благоприятное состояние подсаживаемого насаждения, обусловленное прогрессивной технологией подсочки (прогрессивная нагрузка). Такая технология имеет особенность, позволяющую вовлекать в подсочку сосновые насаждения, не имеющие сроков рубки за пределами текущего десятилетия. Это весьма существенно меняет условия для расширения и концентрации сырьевой базы добычи живицы, особенно при длительных сроках подсочки приспевающих и частично средневозрастных насаждений [1].

\* Печатается в порядке обсуждения.

В заключение следует отметить, что типы смолопродуктивности позволяют более обоснованно оценивать состояние сосновых древостоев в период их подсочки и регулировать сроки подсочки и ее технологический режим в случаях, когда имеет место ненормальная смолопродуктивность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Орлов. Основные этапы научных исследований по подсочке леса на Урале, их результаты и перспективы. Сб. «Материалы по обмену опытом по подсочке леса». Изд. Института биологии Уральского филиала АН СССР, Свердловск, 1959. [2]. И. И. Орлов. Об объемной нагрузке и коэффициенте воздействия при подсочке леса. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1959. [3]. И. И. Орлов. О видах и дифференциации нагрузок сосны при подсочке. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962. [4]. Е. П. Проказин. Опыт и достижения по селекции лесных пород. Изд. МСХ СССР, 1957.

Поступила в редакцию  
28 ноября 1962 г.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ  
«МГНОВЕННОГО» СКОЛЬЖЕНИЯ ЗАГОТОВОК  
В ВАЛЬЦОВЫХ ОРГАНАХ ПОДАЧИ СТАНКА «СР6-5Г»****А. Э. ГРУБЕ**

Профессор, доктор технических наук

**В. И. САНЕВ**

Кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Проведенное нами теоретическое исследование динамики движения заготовок в рейсмусовом станке \* позволяет сделать следующие выводы.

1. Движение заготовок в рейсмусовом станке (и аналогичных ему станках) носит неустановившийся характер, который обусловлен наличием в системе переменных сил от воздействия резца на древесину при резании.

2. Современные статические расчеты органов подачи станков и прижимных механизмов не дают минимальных значений давлений, которые обеспечили бы получение необходимых качеств и точности обработки. Анализ показывает, что более полно эти вопросы могут быть решены на основе использования динамических методов расчета станков.

3. Динамический расчет на основе исследования упрощенной приведенной схемы станка (с учетом эластичности контактных областей) позволяет учитывать не только постоянные, но и переменные силы в системе.

4. При составлении этой схемы в большинстве практических случаев можно ограничиться двухмассовой моделью станка (точное решение с учетом параллельных вращающихся масс на основе многомассовых схем представляет значительные трудности математического порядка). Соединение двух приведенных масс можно рассматривать как упругую связь, моделирующую фактические условия контактирования валика с заготовкой. Эту связь можно представить в виде «пружины» с вполне определенной жесткостью.

5. В результате анализа полученных теоретических зависимостей можно предварительно сделать следующие заключения:

а) заготовка совершает продольные колебания под действием возмущающей силы от резца;

б) частота собственных колебаний системы возрастает с увеличением жесткости контакта валика с заготовкой;

\* А. Э. Грубе, В. И. Санев. Динамическое исследование движения заготовок в рейсмусовом станке. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1963.

в) действие возмущающей силы в системе подачи, импульсной по характеру изменения, приводит к появлению (в области контакта валика с заготовкой) тяговой силы, значения которой изменяются от минимума до максимума. В те моменты, когда значения тяговой силы меньше тормозных сил, заготовка останавливается. Такое явление в практике встречается сравнительно редко; в большинстве случаев она полностью не останавливается, а лишь теряет часть скорости. В момент холостого хода, когда действие реза на древесину равно нулю, скорость заготовки увеличивается из-за проявления упругих сил в системе подачи. При обработке заготовки в станке имеет место потеря подачи, величина которой зависит от ряда факторов. Основными становятся факторы динамического характера;

г) с увеличением скорости вращения подающих валиков фактическая скорость движения заготовки увеличивается. Это говорит о том, что скорость подачи — весьма существенный фактор, влияющий на величину потери подачи;

д) анализ полученных формул показывает, что в зависимости от значения тормозной силы возможны три характерные области на графике. Первая — область положительных подач; в этом случае заготовка теряет скорость в сравнении с установленной, но движение ее не прекращается. Вторая — область отрицательных подач; в силу того, что значение тормозной силы больше активной тяговой, заготовка отбивается резцом в сторону, противоположную подаче. Третья — граница между первой и второй областями. Здесь при действии тормозной силы заготовка останавливается. Для этой области, очевидно, соблюдается равенство тормозных и активных сил в системе подачи;

е) большее влияние на величину потери подачи оказывают массы движущихся элементов. С увеличением приведенной массы системы подачи потеря подачи снижается, проходит через минимум и снова начинает возрастать; с увеличением же массы заготовки она увеличивается и стремится к определенному пределу;

ж) потеря подачи заготовки изменяется во времени по синусоидальному закону.

6. При подаче заготовки цилиндрическими валиками скорость перемещения ее в большинстве случаев ниже окружной скорости вращения подающего валика. В связи с этим можно говорить о потере подачи, или о величине скольжения заготовки. При этом указанные величины следует рассматривать как переменные в период обработки.

7. Величину потери подачи (или величину скольжения) заготовки можно рассматривать состоящей из трех частей. Первая зависит от величины деформации заготовки в месте контакта с валиком. Это так называемое кинематическое скольжение (или кинематическая потеря подачи). Вторая зависит от постоянных сил сопротивления подаче; при наличии их скольжение должно практически иметь постоянное значение. Это скольжение можно назвать технологическим. Однако часть сил сопротивления изменяется от минимума до максимума; в связи с этим следует ожидать и переменное значение скольжения. Это скольжение можно назвать динамическим. Анализ показывает, что периодическая сила резания древесины приводит к возникновению динамического скольжения. Оно зависит в основном от режимов подачи и обработки станка.

Теоретическое исследование показывает наличие как общего, так и «мгновенного» (от действия периодической силы) проскальзывания заготовки в подающих вальцах рейсмусового станка. Составляющая мгновенного скольжения представляет значительный практический интерес.

Под ее влиянием подача на нож уменьшается, а удельная работа резания увеличивается. Для нормальной работы механизма подачи станка тяговая сила должна быть больше суммы сил сопротивления движению заготовки. Сила же сопротивления в момент срезания стружки (в зависимости от режимов обработки) может оказаться равной или даже большей, чем сила тяги. Кратковременное возрастание силы сопротивления движению заготовки и вызывает мгновенное изменение скорости ее движения. Следует учесть, однако, что общее время непосредственного воздействия ножей на древесину за один оборот ножевого вала (по сравнению с длительностью этого оборота) составляет небольшую величину. Так, отношение суммарного времени резания к длительности одного оборота на станке СР6-5Г при практически наибольшей толщине снимаемого слоя ( $H = 5$  мм) и двух ножах равно 8; при четырех ножах это отношение равно 4. Отсюда можно сделать вывод, что при большом числе режущих элементов ножевого вала (это имеет место в станках с механической подачей) доля мгновенного скольжения от действия сил резания в общем суммарном скольжении заготовки в органах подачи станка не так уж мала. В ряде случаев она должна приниматься во внимание.

Учет импульсного воздействия ножей на древесину при анализе характера движения заготовки в станке представляет определенный теоретический и практический интерес. Экспериментальное изучение мгновенного скольжения заготовок в вальцовых органах подачи рейсмусового станка было осуществлено на кафедре «Станки и инструменты» в ЛТА им. С. М. Кирова\*. Некоторые материалы этого исследования (с целью сравнения с теоретическими выводами) приведены ниже. Обнаружение мгновенного скольжения в опытах осуществляли методом частотной модуляции синусоидальных колебаний заданной частоты скоростью движения заготовки. Система его обнаружения состоит из модулятора, воспринимающего и регистрирующего элемента и генератора сигналов. В качестве источника синусоидальных колебаний стабильной частоты применен звуковой генератор; модулятором является сама заготовка; воспринимающим и регистрирующим элементом служит магнитная лента. Она непосредственно связана с заготовкой и перемещается относительно головки записи магнитофона. На головку подаются сигналы звукового генератора. Скорость движения магнитной ленты относительно головки записи строго соответствует скорости движения заготовки. В результате на магнитной ленте получаем запись синусоидальных колебаний, модулированных по частоте скорости движения заготовки. При равномерном перемещении заготовки в подающих органах станка на ленте записываются колебания постоянной частоты. Если же скорость ее движения изменяется, то частота записанных колебаний уже не будет постоянной. При проскальзывании заготовки она будет выше частоты колебаний, соответствующей движению заготовки без скольжения, а в случае ускорения движения (мгновенного опережения) — ниже. Получение записей осуществляется посредством перезаписи процесса на фотоленку шлейфового осциллографа и путем фотографирования с экрана кародного осциллографа.

Установка для проведения экспериментов по обнаружению мгновенного скольжения заготовки осуществлена на базе рейсмусового станка СР6-5Г (рис. 1). Принципиальная схема установки представлена на рис. 1, а. Заготовка-образец 1 фиксируется в специальном составном

\* Работа выполнена аспирантом В. Н. Юрчишко под руководством проф. А. Э. Грубе в 1961—1962 гг.

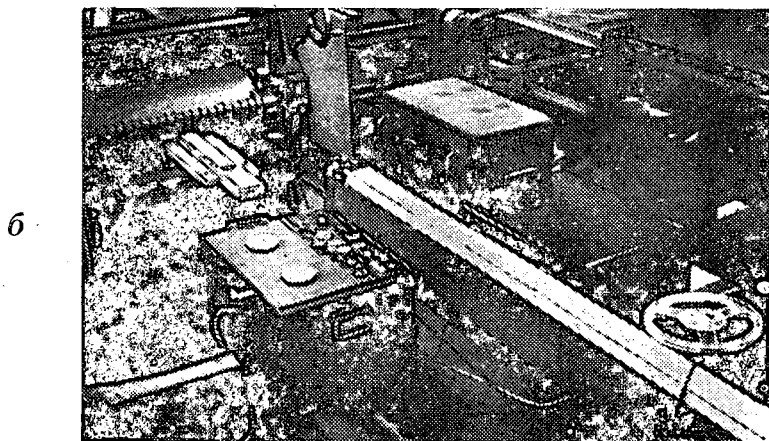
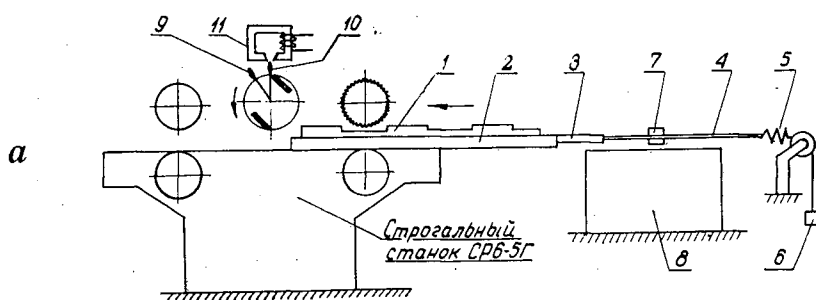


Рис. 1. Экспериментальная установка для определения мгновенного скольжения: а — принципиальная схема; б — общий вид.

брус 2, к которому посредством удлинителя с захватом 3 жестко прикрепляется отрезок магнитной ленты 4. С другого конца магнитная лента натягивается грузиком 6, подвешенным на тонкой капроновой нити. Между лентой и грузом имеется эластичное звено в виде пружины 5. Оно необходимо для предотвращения деформации ленты при изменении нагрузки. Благодаря особой ступенчатой форме продольного сечения образца брус с образцом-заготовкой перемещается подающими вальцами станка не на всю длину сразу, а лишь на длину верхней площадки (100 мм). При этом запись может вестись при подаче образца или одними передними вальцами, или передними и задними одновременно, или только одними задними вальцами.

Длина отрезка магнитной ленты при подаче образца на 100 мм почти в два с половиной раза меньше той, которая потребовалась бы при подаче образца на всю длину (700 мм против 1600 мм). При длине магнитной ленты, равной 700 мм, свободное провисание ее невелико, благодаря чему предотвращается появление вредных поперечных колебаний, которые, в свою очередь, могут вызвать продольные колебания, искажающие запись.

Магнитная лента 4 при записи мгновенного скольжения перемещается относительно головки записи 7 магнитофона МАГ-8МП 8. Для устранения возможного отхода ленты от головки записи лента слегка поджимается к ней специальной пластинчатой пружиной с наклеенным

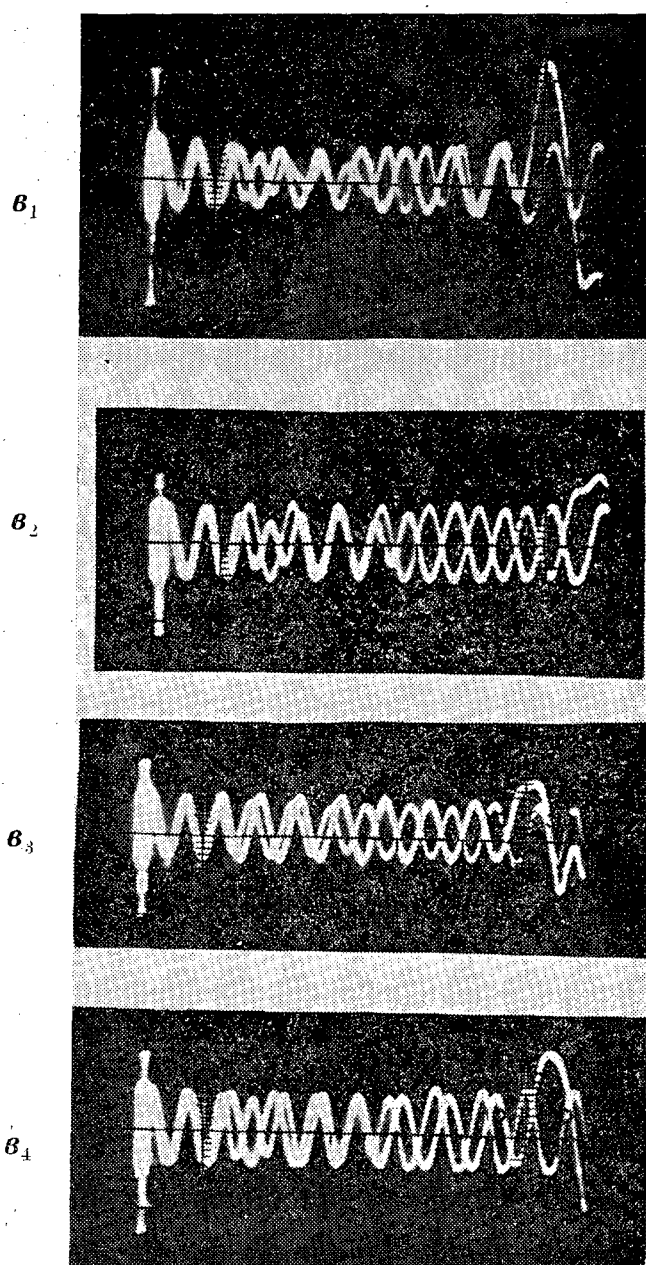


рис. 2. Опытные осциллограммы.

кусочком бархата. Направляющие ролики магнитофона на период записи убирают, так что магнитная лента испытывает минимум сопротивления своему движению.

Для выделения соответствующих отрезков записи служит узел отметчика, устроенный следующим образом.

На ножевом валу станка закреплен шкив с двумя стержнями-замыкателями 9, 10. Концевые части их при вращении ножевого вала замы-

кают магнитную цепь трансформатора 11, закрепленного на станине станка. При прохождении замыкателя мимо зазора трансформатора в его обмотке возникает импульс напряжения, который и подается вместе с синусоидальными колебаниями звукового генератора на магнитофон. Отметчик 9 установлен относительно трансформатора 11 так, что выделяет момент записи, когда синусоидальные колебания заведомо не модулированы, а отметчик 10 — так, что выделяет момент начала срезания стружки, когда начинается модуляция сигнала. Частота синусоидальных колебаний звукового генератора принята равной 8000 гц, то есть близкой к верхнему частотному пределу магнитофона МАГ-8МП. Общий вид установки представлен на рис. 1, б. На рис. 1, в приведен ряд снимков записи процесса подачи заготовки с экрана катодного осциллографа (ЭНО-1).

В результате обработки большого количества аналогичных снимков установлены следующие факты: 1) в вальцовом механизме подачи рейсмусового станка СР6-5Г в период силового воздействия ножа на древесину (при снятии стружки) происходит мгновенное проскальзывание заготовки; 2) скольжение ее от действия силы резания образуется в результате суммирования мгновенных проскальзываний, возникающих в момент резания; 3) мгновенное проскальзывание носит закономерный

Таблица 1

Режимы обработки при			Коэффициент скольжения за один оборот ножевого вала (%)			
№, мм	U, м/мин	Q, кг	по осциллограммам катодного осциллографа		по осциллограммам шлейфного осциллографа	
			фактическое значение	среднее значение	фактическое значение	среднее значение
3	1	40	2,7	2,7	2,2 2,5 3,1	2,6
3	2	40	3,5 3,2 3,2 3,5 3,2 2,8 3,5 2,8	3,2	3 3,1 3,1	3,1
3	2	150	0,8 0,8 1,4 0,8 1,2 1,0 1,2 0,9	1,0	1,2 1,1 0,9	1,1
5	2	40	7,0 4,5 6,5 5,8 6,0 4,8 4,8 4,0	5,5	4,5 5,6 6,3	5,5

характер и повторяется от цикла к циклу; 4) скольжение находится в функции положения ножа на дуге резания при срезании стружки; возрастает от нуля до максимума, который в большинстве случаев соответствует наибольшей толщине стружки, далее уменьшается и по истечении некоторого времени падает до нуля; 5) длительность скольжения при срезании стружки зависит от величины давления подающих вальцов; при больших давлениях она составляет 10—30% от времени срезания стружки, а при малых давлениях — 30—100% и более; б) коэффициент скольжения за один оборот ножевого вала обладает значительным постоянством. В табл. 1 приведены коэффициенты скольжения для сосны при двух острых ножах, в зависимости от толщины снимаемого слоя  $h$ , скорости подачи  $u$  и давления подающих вальцов  $Q$ .

Анализ этих данных показывает, что результаты экспериментального исследования согласуются с теоретическими выводами, приведенными выше.

Поступила в редакцию  
1 апреля 1963 г.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСЫЛКИ В ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЕ

*Н. М. НЕМЧЕНКО*

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Рама — основной механизм в лесопильном производстве, поэтому необходимо автоматизировать ее работу, в частности, регулирование величины посылки (скорости подачи бревна). При ручной регулировке неизбежны убытки за счет брака, вызванного увеличенной посылкой, или снижением производительности из-за уменьшения скорости подачи.

Существуют различные взгляды на величину, от которой зависит посылка в лесопильной раме. Некоторые считают, что скорость подачи нужно регулировать, исходя из постоянства мощности главного двигателя. Это, якобы, обеспечивает оптимальные технологические условия, то есть максимальную посылку при сохранении необходимого качества поверхности пропила. Однако, в этом случае посылка будет функцией суммарной высоты всех пропилов, в то время, как качество поверхности определяется максимальной высотой одного пропила. Это противоречие больше всего заметно на примере распиловки бруса. Если брус однороден, то, очевидно, на всем его протяжении посылка должна сохраняться постоянной (при постоянной максимальной высоте пропила). Однако скорость подачи снижается в комле, так как при вступлении крайних пил увеличивается суммарная высота пропила и, следовательно, мощность.

Постоянство мощности не является также гарантией соответствующего снижения посылки при затуплении пил и при местных изменениях свойств древесины, ибо в раме потери мощности на трение имеют тот же порядок, что и мощность пиления.

Другие считают, что скорость подачи должна зависеть от диаметра бревна. При этом, пока диаметр не очень велик, посылку уменьшают до технологического предела, обеспечивающего необходимое качество поверхности распила, а при больших диаметрах (во избежание перегрузки главного двигателя) ее делают меньше этого предела.

Третьи утверждают, что проще посылку поставить в зависимость от тока главного двигателя, так как этот ток определяется однозначно (при заданном диаметре бревна и посылке). Тогда можно, якобы, обеспечить и автоматическое снижение скорости подачи при затуплении пил, ибо оно влияет на величину тока.

Две последние точки зрения приемлемы только частично. Как показывает опыт при заданном диаметре и посылке величина тока определяется далеко не однозначно, а может отклоняться на  $\pm 25\%$  от средних значений. Поэтому, если взять за независимую переменную ток,



то при малых диаметрах посылка будет устанавливаться с большими погрешностями против технологического предела. Если же взять за независимую переменную диаметр, то ограничение посылки при больших диаметрах будет производиться с большими погрешностями против номинального тока двигателя. Кроме того, при изменении количества пил в поставе изменяется функция, связывающая ток, диаметр и посылку, поэтому в систему автоматического регулирования потребовалось бы вводить сменные звенья.

Введем следующие обозначения:

$\Delta$  — посылка;  $I$  — ток главного двигателя;  $I_{\text{ном}}$  — номинальный ток главного двигателя;  $d$  — текущий диаметр бревна;  $k_3$  — коэффициент затупления.

Тогда технологический предел посылки определяется уравнением

$$\Delta = f_1(d, k_3). \quad (1)$$

Функция  $f_1$  достаточно точно известна и выражена в виде технологических таблиц и кривых.

Ток зависит от посылки, диаметра и коэффициента затупления

$$I = f_2(\Delta, d, k_3). \quad (2)$$

Функция  $f_2$  практически выполняется весьма неточно.

Исключая из уравнений (1) и (2) переменные  $d$  и  $k_3$ , получим равенства

$$\Delta = f_3(I, k_3), \quad (3)$$

$$\Delta = f_4(d, I). \quad (4)$$

Кроме того, во избежание перегрузки двигателя, должно быть выполнено условие

$$I \leq I_{\text{ном}}. \quad (5)$$

Подставим в это неравенство значение  $I$  из уравнения (2) и выразим отсюда посылку

$$\Delta \leq f_6(d, k_3). \quad (6)$$

При токах, меньших номинального, должно быть выполнено одно из условий (1), (3) или (4). Следует отдать предпочтение условию (1), поскольку (3) и (4) получены при использовании неточной функции  $f_2$ .

Когда ток достигнет номинального значения, должно быть выполнено одно из двух условий (5) или (6). Здесь следует выбрать условие (5) по той же причине, что и в предыдущем случае.

Таким образом, система автоматического регулирования должна обеспечить выполнение условий:  $\Delta = f_1(d, k_3)$  и  $I \leq I_{\text{ном}}$ . Иначе говоря, при токах, меньших номинального, посылка должна быть поставлена в зависимость от двух переменных  $d$  и  $k_3$ , а когда ток достигнет номинального значения, система должна обеспечивать его постоянство за счет соответствующего изменения посылки.

Коэффициент затупления  $k_3$  является известной из таблиц функцией времени пиления, поэтому за независимую переменную удобнее выбрать время, отсчитанное с начала упряга.

Кафедра электротехники АЛТИ исходила именно из этих предположений, разработанных совместно с С. М. Хасданом — б. заведующим лабораторией № 7 ЦНИИМОДа.

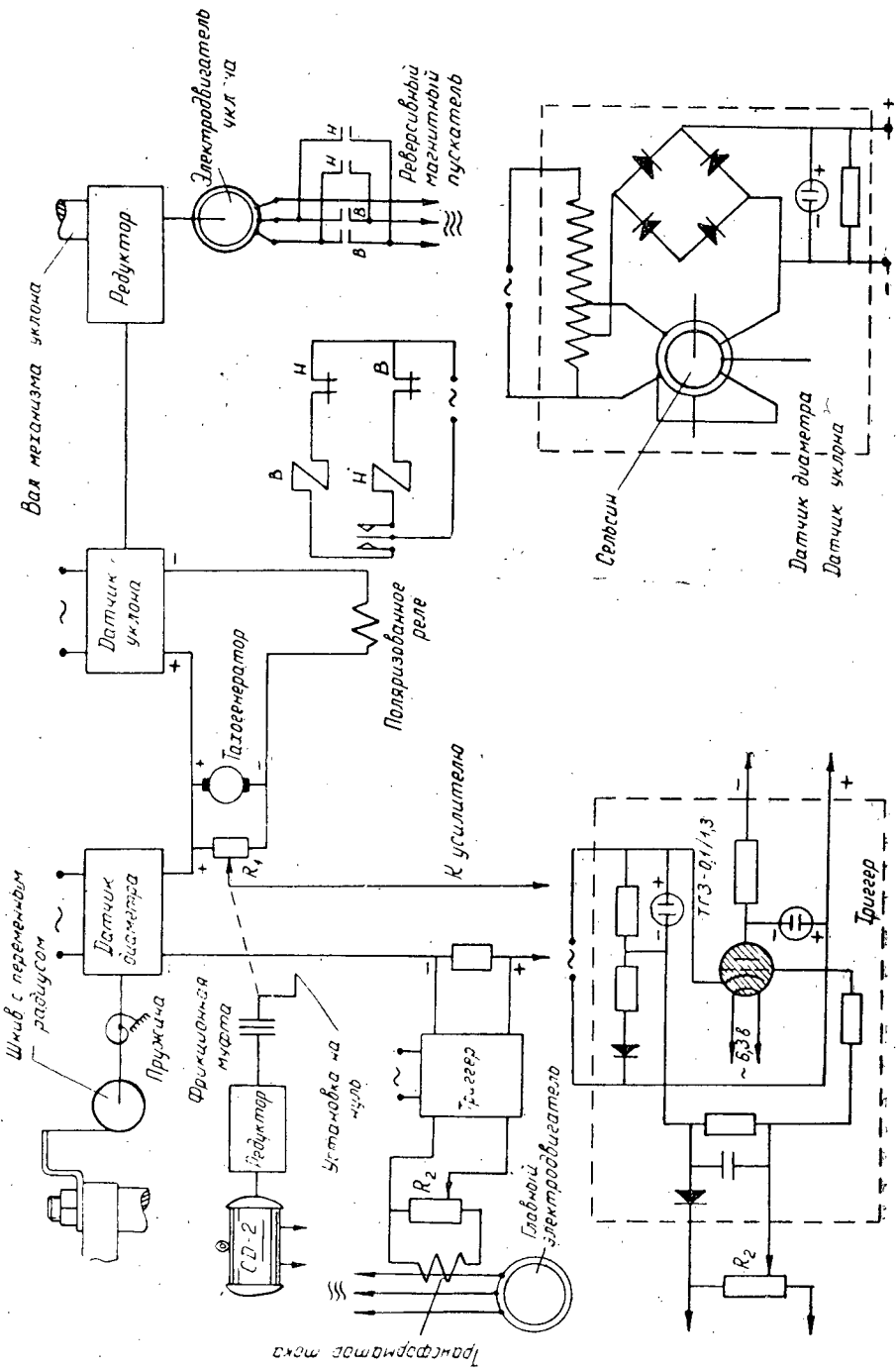


Рис. 1.

В 1962 г. кафедрой по договору с ЦНИИМОДом был сделан действующий образец автомата, показавший свою работоспособность при испытании на раме РД-75/2 архангельского лесозавода № 2.

В 1963 г. в результате испытаний автором была усовершенствована как электрическая (рис. 1), так и функциональная (рис. 2) схемы автомата. Датчиком диаметра, как видно из электрической схемы, служит поворотный трансформатор. В качестве такого трансформатора использован сельсин, поворачивающийся при подъеме верхнего вальца подачи.

Датчиком посылки служит тахогенератор, установленный на одном из валов механизма посылки.

Часть напряжения тахогенератора снимается с делителя  $R_1$  и действует встречно по отношению к выпрямленному напряжению датчика посылки. Получающееся напряжение подается на усилитель; при поло-

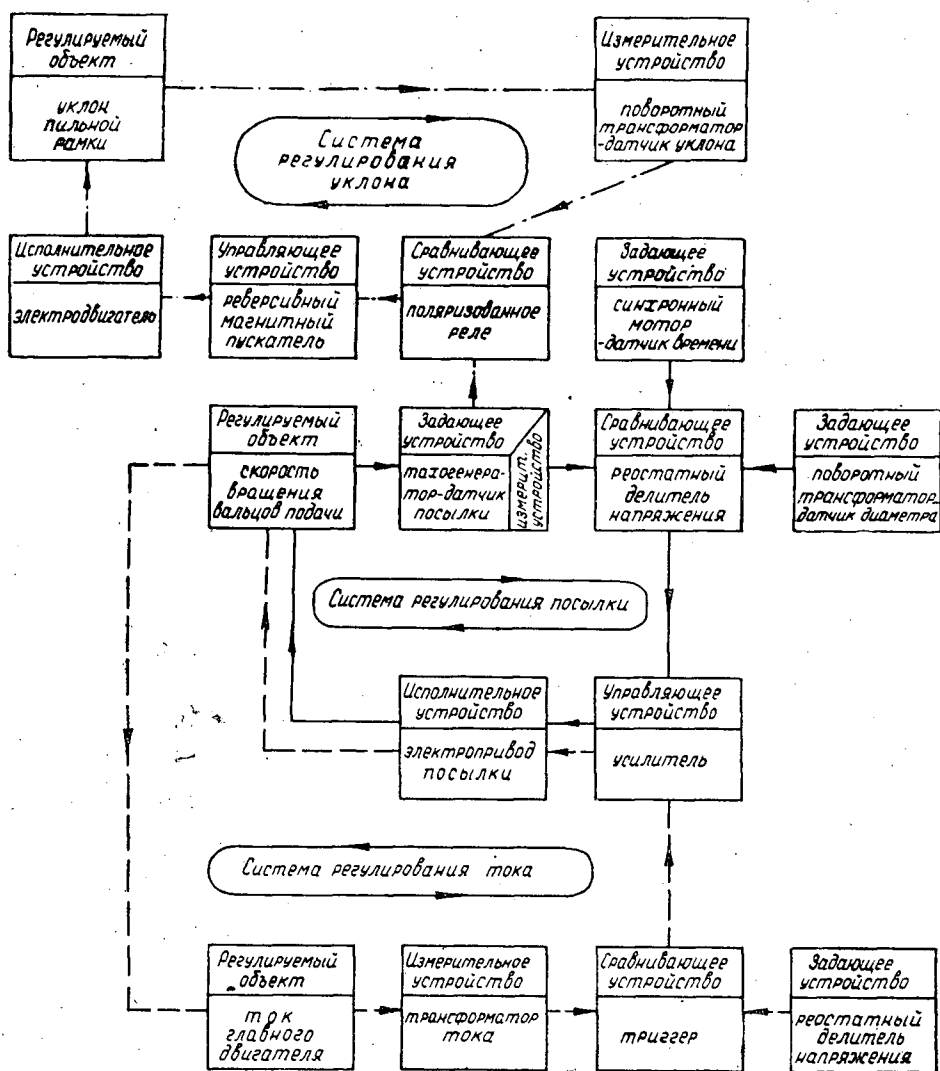


Рис. 2.

жительном разностном напряжении он открывает цепь питания электромагнитной муфты сцепления (на рисунке не показана), и посылка начинает увеличиваться; при отрицательном — усилитель запирает цепь, и посылка начинает уменьшаться. Таким образом поддерживается постоянная посылка при постоянном диаметре бревна. Если диаметр уменьшается, то увеличивается выпрямленное напряжение датчика посылки, появляется разностное напряжение, и посылка увеличивается. При увеличении диаметра бревна происходит обратный процесс.

По мере затупления пил синхронный моторчик СД-2 (датчик времени) перемещает ползун делителя напряжения  $R_1$  и последовательно с напряжением датчика посылки вводится все большая и большая часть напряжения тахогенератора. Таким образом, уменьшается посылка (вводится соответствующая поправка на затупление пил).

Для осуществления заданной нелинейной зависимости между диаметром и посылкой движение подъема вальца передается на датчик посылки через шкив с переменным радиусом или через кулачок, профиль которого определяется в соответствии с технологическими требованиями к данной зависимости.

Аналогично, для осуществления заданной нелинейной зависимости между временем пиления и поправкой на затупление вводим кулачок (на схеме не показан) в передачу от синхронного моторчика СД-2 к делителю напряжения  $R_1$ . Кроме того, в эту передачу введена фрикционная муфта, чтобы перед началом каждого упряга (после смены пил) можно было бы вручную вернуть ползун делителя в исходное положение.

Датчиком тока главного двигателя служит трансформатор, работающий в специальном режиме. Вторичная обмотка трансформатора тока подключена к большому сопротивлению делителя  $R_2$ . Практически это равносильно размыканию вторичной обмотки трансформатора. Чтобы трансформатор не перегревался, ток его выбран значительно больше, чем главного двигателя. Тогда напряжение на делителе  $R_2$  изменяется пропорционально току главного двигателя. Это напряжение используют, чтобы с помощью диода зарядить конденсатор и создать таким образом положительное смещение на сетке тиратрона ТГЗ-0,1/1,3. В сеточную цепь этого тиратрона последовательно введено еще постоянное отрицательное смещение, получающееся путем зарядки второго конденсатора через второй диод от сети переменного тока.

Когда ток главного двигателя достигает номинального значения, положительное смещение превышает отрицательное, тиратрон открывается и во входную цепь усилителя вводится часть падения напряжения анодной цепи тиратрона. В результате начинает уменьшаться подача. Тиратрон, таким образом, работает в режиме триггера или ионного реле. Как только ток главного двигателя снова станет меньше номинального, суммарное смещение на сетке тиратрона станет отрицательным, и анодный ток тиратрона прервется, так как его цепь питается от сети переменного тока. Анодный ток тиратрона не прервался бы в этих условиях, если бы анодная цепь питалась от сети постоянного тока.

Регулировка тока, при котором будет срабатывать триггер, осуществляется передвижением ползуна на делителе  $R_2$ .

Изменение уклона должно осуществляться в зависимости от посылки. Для этого встречно с полным напряжением тахогенератора включено выпрямленное напряжение второго поворотного трансформатора, соединенного с редуктором уклона. Разностное напряжение подводят к поляризованному реле, которое подает ток в ту или иную катушку реверсивного магнитного пускателя, включающего двигатель уклона.

Если использовать обычные двухпозиционные поляризованные реле типа ТРМ, то их потребуется два, а не одно, и схема немного усложняется. Чтобы эти реле возвращались в исходные положения, в цепи их катушек введены постоянные напряжения смещения, как показано на рис. 3.

Из функциональной схемы (рис. 2) видно, что система автоматического регулирования является собственно совокупностью систем регулирования посылки, уклона и тока, которые имеют обратную связь.

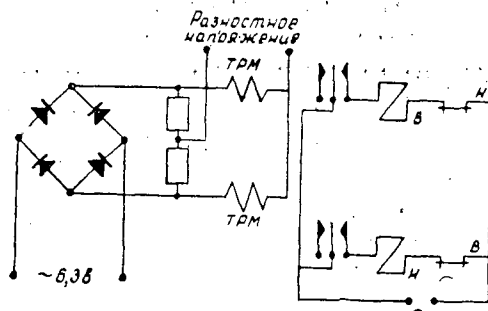


Рис. 3.

В системе регулирования посылки показания первого задающего устройства — датчика диаметра сравниваются с показаниями измерительного — тахогенератора. Второе же устройство — датчик времени воздействует на параметры сравнивающего — делителя напряжения.

Тахогенератор является одновременно измерительным устройством в системе регулирования посылки и задающим в системе регулирования уклона.

Когда ток главного двигателя достигнет номинального значения, вместо системы регулирования посылки включается система регулирования тока. При этом посылка оказывается промежуточным звеном в системе регулирования тока.

Сейчас ЦНИИМОД изготавливает по этой схеме образец автомата, который предполагается рекомендовать вологодскому заводу «Северный Коммунар», выпускающему лесопильные рамы.

Поступила в редакцию  
10 июня 1963 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

## ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА (*Lupinus polyphyllus*) НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

**В. Н. СМЕРНОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**В. А. УСЫНИНА**

Ассистент

**Е. В. ГРИШКУН**

Доцент, кандидат химических наук

(Поволжский лесотехнический институт)

Одна из основных и постоянных задач лесной науки и практики — повышение производительности лесов и улучшение их состава.

В лесной зоне решающие условия в достижении этой цели — повышение плодородия почв, улучшение водно-физических, физико-химических и биохимических свойств их.

В составе и свойствах почвы, обуславливающих ее плодородие, особое место занимает азот — его содержание и запас. Обогащение почвы азотом относится к числу важнейших научных проблем, направленных на развитие сельского хозяйства\*.

На исключительное значение азота в жизни растений и в земледелии указывали Д. Н. Прянишников [4], [5] и И. В. Тюрин [13]. Д. Н. Прянишников показал, что люпин, возделываемый в течение 5—6 лет в междурядных сосновых культурах, содействует более успешному росту сосны, и 20-летняя сосна в таких случаях достигает такого же состояния, как в 30 лет без люпина [5]. Это положение нашло полное подтверждение в исследованиях ряда советских и зарубежных ученых, особенно убедительно в работах Б. Д. Жилкина [1], [2].

Интересные результаты по повышению производительности лесов Белорусской ССР с помощью люпина были получены П. П. Роговым [6].

Возможность успешного произрастания культуры многолетнего люпина в лесах Среднего Поволжья и улучшения лесорастительных свойств почв под его влиянием показана в работах Г. К. Незабудкина [3], В. Н. Смирнова и Г. К. Незабудкина [7].

Тесную зависимость продуктивности сосновых насаждений от содержания общего азота в 20-сантиметровом слое почвы установили финские исследователи Вальмари и Ильвессало, чехословацкие — Немец и Квапиль [12]. На возможность повышения производительности сосняков и ельников путем культуры люпина указывают немецкие исследователи: Видеман, Виттих, Пехман, Вутц, Бредов — Стехов и др. [14].

Однако во всех вышеуказанных работах недостаточно изучено глубокое и разностороннее влияние люпина на лесорастительные свойства почв, особенно на физико-химические и биохимические.

Наши исследования посвящены изучению влияния многолетнего люпина на физико-химические и биохимические свойства подзолистых лесных почв.

Объекты исследований — посевы многолетнего люпина 1959 г. в междурядях культуры сосны на задернованной вейником (*Calamagrostis epigeios* L.) вырубке сосняка-брусничника (свежий бор) с дерново-слабоподзолистой песчаной почвой на рыхлых древнеаллювиальных песках с наличием в горизонте В ортзандов (кваргал 51

\* Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию биологической науки и укреплению ее связи с практикой», газ. «Известия» за 26 января 1963 г.

Нолькинского учебно-опытного лесничества Поволжского лесотехнического института) и плантация многолетнего люпина посева 1951—1952 гг. на дерново-среднеподзолистой суглинистой почве, развившейся на покровном опесчаненном суглинке (квартал 6 того же лесничества)\*.

**Физико-химические свойства перегнойно-аккумулятивного горизонта под многолетним люпином и под**

№ смешанных образцов	Название почвы	Растительность	Гигроскопическая влага (в % от веса сухой почвы)	Гумус (по Тюрингу), %	Азот (по Тюрингу), %
3	Дерново-слабоподзолистая песчаная на древне-аллювиальных рыхлых песках (квартал 51 учебно-опытного лесхоза ПЛТИ)	Пятилетние культуры сосны по задернованной вейником вырубке сосняка-брусничника	0,42	0,98	0,042
4	"	То же, но с многолетним люпином в междурядьях сосны (посев люпина 1959 г.)	0,44	1,03	0,052
5	Дерново-среднеподзолистая суглинистая на покровном пылеватом суглинке (квартал 6 учебно-опытного лесхоза ПЛТИ)	Задернелая старая вырубка из-под елово-лиственного насаждения (травяной покров развит хорошо)	1,81	4,07	0,184
6	"	Плантация многолетнего люпина (посев 1951-1952 гг.)	1,74	4,02	0,206

Таблица 2

**Биохимические свойства перегнойно-аккумулятивного горизонта дерново-подзолистых песчаных и суглинистых лесных почв Марийской АССР под многолетним люпином и под травянистой растительностью вырубок**

№ смешанных образцов почв	Интенсивность дыхания (СО <sub>2</sub> , мг в час на 1 кг почвы)	Инвертаза (мг инвертированного сахара на 1 г почвы)	Каталаза (мл О <sub>2</sub> при 5-минутной экспозиции на 1 г почвы)	Аммонифицирующая и нитрифицирующая способности			
				до компостирования		после 1 компостирования	
				(мг азота на 1 кг почвы)			
				NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	1% NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
3	4,6	4,2	$\frac{1,2}{0,1}$	20,0	Нет	42,4	5,9
4	5,5	7,3	$\frac{1,3}{0,1}$	31,1	Следы	57,7	11,8
5	34,5	23,5	$\frac{6,9}{2,1}$	31,6	1,1	78,6	4,1
6	36,4	25,4	$\frac{6,6}{0,8}$	38,0	3,1	140,9	6,6

\* Культуры и плантации многолетнего люпина были заложены доц. Г. К. Незабудкиным совместно с работниками учебно-опытного лесхоза ПЛТИ. За разрешение воспользоваться этими культурами люпина авторы выражают искреннюю признательность Г. К. Незабудкину и работникам учебно-опытного лесхоза.

На указанных участках в половине августа 1961 г. были взяты смешанные образцы из перегнойно-аккумулятивного горизонта  $A_1$ , составленные из 15 индивидуальных [8], [9]. Для сравнения одновременно брали с соседних участков смешанные образцы из горизонта  $A_1$  вне люпина.

Краткая характеристика этих участков приведена в табл. 1.

Таблица 1

**дерново-подзолистых песчаных и суглинистых лесных почв Марийской АССР  
травянистой растительностью вырубок**

С N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (по Кирсанову), мг на 100 г почвы	K <sub>2</sub> O (по Пейве), мг на 100 г почвы	мг-экв на 100 г почвы				Подвижный алюминий (по Соко- лову), мг на 100 г почвы	Степень насыщен- ности основа- ниями, %	рН (солевой суспензии) электро- метриче- ским методом
			Сумма обменных оснований (по Каппену)	Обменный водород (по Соко- лову)	Гидролити- ческая кислот- ность (по Каппену)				
13,6	2,2	9,2	1,1	0,8	2,9	3,6	27,1	4,4	
11,0	2,7	11,5	1,2	0,5	3,0	2,4	29,0	4,5	
12,8	2,8	30,3	10,0	0,4	6,2	1,4	62,7	4,7	
11,3	0,9	30,1	6,4	1,2	7,4	5,0	46,9	4,3	

Более сильное действие люпина оказывает на биохимические свойства почвы (табл. 2), которые играют решающую роль в создании плодородия.

Компостирование образцов при определении аммонифицирующей и нитрифицирующей способности почв продолжалось две недели при влажности почвы 60% от полной влагоемкости и при температуре 28—30° С. В графе «Каталаза» в числителе дроби активность каталазы в образцах воздушно-сухой почвы, в знаменателе — активность в образцах почвы, подвергнутых стерилизации в течение трех часов при температуре 160—180° С.

В дерново-подзолистых песчаных и суглинистых почвах под влиянием многолетнего люпина усилились интенсивность дыхания, активность ферментов-инвертазы и каталазы, но особенно сильно возросла аммонификация и нитрификация [11].

Как и в прошлых наших исследованиях [11], в лесных подзолистых почвах констатируется резкое преобладание процессов аммонификации над процессами нитрификации. Следовательно, азотное питание лесонасаждений на подзолистых почвах и при наличии люпина происходит преимущественно по аммонийному типу.

### Выводы

1. Многолетний люпин оказывает положительное влияние на содержание общего азота в почве, состав гумуса и биохимические свойства подзолистых почв.
2. Существенные изменения физико-химических свойств под влиянием многолетнего люпина наблюдаются лишь при хорошем развитии люпина.
3. В условиях сухого бора на песчаных почвах, где трудно добиться успешного развития люпина, по-видимому, более перспективны культуры сосны с рикитником [7], [10].

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Жилкин. Повышение продуктивности сосняков путем культуры люпина. Журн. «Лесное хозяйство» № 10, 1951. [2]. Б. Д. Жилкин. Опыт разработки системы мероприятий по повышению продуктивности лесонасаждений. Сб. статей «Повы-



шение продуктивности лесов западных и центральных районов СССР», Минск, 1962. [3]. Г. К. Незабудкин. Успешность культур люпина многолетнего на лесных почвах Марийской АССР. Сб. трудов Поволжского лесотехнического института, № 46, 1946. [4]. Д. Н. Прянишников. Агрохимия. СХГ, М., 1940. [5]. Д. Н. Прянишников. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Изд. АН СССР, 1945. [6]. П. Л. Роговой. Применение люпина для повышения производительности лесов БССР. Сб. статей «Повышение продуктивности лесов западных и центральных районов СССР». Минск, 1962. [7]. В. Н. Смирнов, Г. К. Незабудкин. Влияние многолетнего люпина на лесорастительные свойства подзолистых почв. Научные доклады высшей школы. «Лесоинженерное дело» № 4, 1958. [8]. В. Н. Смирнов. Почвы Марийской АССР. Йошкар-Ола, 1953. [9]. В. Н. Смирнов. О происхождении и развитии почвенного покрова Марийской АССР. Изд. Поволжского лесотехнического института, 1957. [10]. В. Н. Смирнов, Ю. И. Пономарев, А. И. Смирнова. Влияние рахитника на лесорастительные свойства песчаных подзолистых почв. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1958. [11]. В. Н. Смирнов, Е. В. Гришкун, В. А. Усынина. О ферментативной активности и интенсивности дыхания почв в лесу и на пашне. Журн. «Почвоведение» № 1, 1962. [12]. М. Н. Ткаченко. Общее лесоводство. Л., 1939. [13]. И. В. Тярин. Плодородие почв и проблема азота в почвоведении и земледелии. Доклады VI Международного конгресса почвоведов, IV Комиссия — плодородие почв, изд. АН СССР, М., 1956. [14]. Bredow—Stechow. Die Bedeutung des Lupinenanbaus für die Leistung der Bestände. Der Forst und Holzwirt, 1962, h. 5.

---

Поступила в редакцию  
22 мая 1963 г.

## О ВЕСОВОМ И ГИДРОСТАТИЧЕСКОМ СПОСОБАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ БРЕВЕН

А. Н. ЯБЛОКОВ

Инженер

(ЦНИИМОД)

Из существующих физических способов определения объемов различных тел в теории и практике таксации лесных материалов наибольшее распространение получили ксилометрический и весовой методы. Гидростатический же метод в большинстве работ [1], [2] ошибочно отождествляют или смешивают с весовым и дают неправильное представление о его свойствах и достоинствах.

Как известно, вес древесных отрезков может быть выражен формулой

$$P = V \cdot \delta \quad (1)$$

где  $P$  — вес древесного отрезка, кг;

$V$  — объем древесного отрезка,  $дм^3$ ;

$\delta$  — усредненный удельный (объемный) вес древесины отрезка,  $кг/дм^3$ .

Объемный вес  $\delta$  в формуле (1) зависит не только от плотности древесины, но и от ее влажности. Поэтому, естественно, погрешность определения объемов лесных сортиментов весовым методом зависит не только от ошибок взвешивания, но и от ошибок определения средневзвешенной влажности древесины.

Из сравнительно полных данных лесной таксации об изменениях объемных весов древесины различных пород в зависимости от ее влажности, то есть условий произрастания, хранения, транспортировки и т. п., видно, что весовой метод определения объемов лесоматериалов является грубым и не представляет практической ценности для разработки и создания автокубатурников лесных сортиментов.

Гидростатический метод определения объемов в большей мере является разновидностью ксилометрического метода, принимаемого в лесной таксации за абсолютно точный. В этом случае объемы различных тел определяются по объемам вытесненной ими жидкости, но объемы последней определяются не визуально, как это производится при ксилометрическом методе, а с помощью взвешивания.

Действительно, если давление жидкости на тело снизу, которое Архимед назвал потерей веса тела в жидкости, обозначить через  $\Delta P_T$ , то

$$\Delta P_T = P_{T-в} - P_{T-ж}, \quad (2)$$

где  $P_{T-в}$  — вес тела в воздухе, кг;

$P_{T-ж}$  — вес тела в жидкости, кг.

По закону Архимеда

$$\Delta P_T = P_{ж}, \quad (3)$$

где  $P_{ж}$  — вес вытесненной жидкости, кг.

Если вес вытесненной телом жидкости  $P_{ж}$  выразить через объем вытесненной телом жидкости  $V_{ж}$  ( $дм^3$ ) и удельный вес жидкости  $\gamma_{ж}$  ( $кг/дм^3$ ), то

$$\Delta P_T = V_{ж} \gamma_{ж}. \quad (4)$$

Пренебрегая теми же факторами, которые вызывают ошибки определения объемов древесных отрезков ксилометрическим методом, объем жидкости, вытесненной телом,

можем заменить на объем самого тела  $V_T$  ( $\text{дм}^3$ ), тогда формула (4) переписется в виде

$$\Delta P_T = V_T \gamma_{ж}, \quad (5)$$

а искомый объем тела любой формы будет

$$V_T = \frac{\Delta P_T}{\gamma_{ж}}. \quad (6)$$

Подставляя в формулу (6) значение  $\Delta P_T$  из формулы (2), окончательно имеем

$$V_T = \frac{P_{T.в} - P_{T.ж}}{\gamma_{ж}}. \quad (7)$$

Формула (7) является основной формулой для определения гидростатическим методом объемов всех водонепоглощающих тел любой формы.

Если при весовом методе объемный вес взвешиваемого тела должен быть заранее известен, то при гидростатическом он может быть определен по результатам необходимых взвешиваний тела в воде и воздухе. Для этого достаточно вес тела в воздухе  $P_{T.в}$  разделить на объем  $V_T$ , полученный из формулы (7),

$$\delta = \frac{P_{T.в}}{V_T} = \frac{P_{T.в} \cdot \gamma_{ж}}{P_{T.в} - P_{T.ж}} = \gamma_{ж} \cdot \frac{P_{T.в}}{P_{T.в} - P_{T.ж}}.$$

Таким образом, метод определения объемов лесных сортиментов гидростатическим взвешиванием наравне с ксилотрихическим может быть принят за абсолютно точный.

Создать же практические условия для реализации ксилотрихического метода определения объемов древесины значительно труднее, чем для гидростатического, поэтому последний метод находит все большее применение при разработке и создании автокубатурников.

Рассмотренные выше достоинства гидростатического метода определения объемов круглых лесоматериалов открывают большие возможности для создания относительно простых и точных автокубатурников бревен, которые могут выполнять роль «образцовых» приборов при тарировках и испытаниях, и для автоматизации учета лесоматериалов на различных производственных фазах их переработки.

Создание образцовых гидростатических автокубатурников в значительной мере задерживается по следующим причинам: в лесной таксации нет теории расчета и рекомендаций по обоснованию возможных ошибок определения объемов лесных сортиментов ксилотрихическим и гидростатическим методами; отсутствуют необходимые рекомендации по поправкам к измеренному объему древесины на кору и припуски по длине, при условии определения объемов круглых лесоматериалов в коре.

Лесная таксация как наука об измерениях и количественной оценке лесных сортиментов в новых условиях автоматизации производства должна дать теоретическую основу для автокубатурников лесоматериалов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Гослесбуиздат, 1960. [2]. В. К. Захаров. Лесная таксация. Изд. Высшей школы, 1960. [3]. Кляйбер и Карсен. Учебник физики для технических учебных заведений и для самообразования (пер.). Гостехиздат, 1928. [4]. А. Н. Яблоков, Ю. М. Варакин. О классификации автоматических устройств для учета лесоматериалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961.

Поступила в редакцию  
18 июня 1963 г.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

В ОБЪЕДИНЕННОМ СОВЕТЕ  
УРАЛЬСКОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

6 февраля 1963 г. на очередном заседании Объединенного Совета Уральского лесотехнического института по присуждению ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук состоялась успешная защита диссертации младшим научным сотрудником ЛенНИИЛХ Колпиковым Олегом Михайловичем и младшим научным сотрудником Института леса и лесохимии Репневским Виктором Васильевичем.

Диссертация О. М. Колпикова на тему «Формирование и рост сосновых молодняков на некоторых концентрированных вырубках», написанная под руководством члена корреспондента ВАСХНИЛ, доктора сельскохозяйственных наук профессора В. Г. Нестерова, представляет ценную научную работу, освещающую вопросы формирования и роста сосновых биогрупп в связи с их возрастом и густотой. Материалом для диссертации послужили научно-исследовательские работы, проведенные в учебно-опытном лесхозе Уральского лесотехнического института (Свердловская область) и частично в Роцинском лесхозе Ленинградской области.

Исследованию подверглись как естественные, так и искусственные молодняки от 5 до 50 саженцев на 1 м<sup>2</sup>. Длительность проведения работ позволила проследить изменения как в структуре древостоя, так и в живом покрове, подстилке и т. д. Диссертант установил срок смыкания деревьев и образования древесного полога, ускорение роста в связи с густотой посадки, отрицательное влияние густоты посадок по мере роста культур, степень изреживания биогрупп с целью получения наивысшей продуктивности и устойчивости против неблагоприятных факторов и рекомендовал произ-

водству оптимальную густоту посадок для Среднего Урала.

Выводы, полученные диссертантом, представляют практический интерес не только при производстве лесных культур, но и при проведении рубок ухода.

Диссертация В. В. Репневского на тему «Концентрированные вырубki и естественное лесовозобновление в сосновых лесах Кольского полуострова» написана под руководством академика ВАСХНИЛ, доктора сельскохозяйственных наук, проф. И. С. Мелехова. Это, пожалуй, первая работа, посвященная характеристике лесовозобновительных процессов в притундровых лесах Кольского полуострова. По ряду вопросов использован опыт скандинавских стран.

В результате исследований автор дал обоснованные и весьма нужные для производства рекомендации по ведению хозяйства:

1) сезоны и очередность проведения рубок и лесовосстановительных мероприятий;

2) способы и сроки очистки мест рубок, обеспечивающие высокую сохранность предварительного или содействующего появлению последующего возобновления;

3) способы лесовосстановления по типам леса и вырубкам;

4) основные принципы и сроки проведения лесокультурных работ.

Эти рекомендации могут быть использованы далеко за пределами Кольского полуострова.

**Д. А. Машков.**

*Ученый секретарь Совета.*

(Уральский лесотехнический институт).

## ЗА РУБЕЖОМ

ВЫСШЕЕ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
В ЧЕХОСЛОВАКИИ**В. Е. ВИХРОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**Н. И. ФЕДОРОВ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Подготовка специалистов с высшим образованием для лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности в Чехословакии ведется в трех высших учебных заведениях: в Праге и Брно на лесных факультетах Высших сельскохозяйственных институтов и в Зволене в Высшей школе по деревообработке и лесному хозяйству. Ежегодно на лесные факультеты принимают 180—200 человек. Обучение пятилетнее. По окончании института присваивается звание инженера по лесному хозяйству или по деревообработке. В институты принимаются окончившие общеобразовательные школы с 12-летним обучением или лесные техникумы, преимущественно имеющие производственный стаж работы в лесном хозяйстве или деревообрабатывающей промышленности. При поступлении организуются собеседования по математике, физике, биологии, по политическим проблемам и текущей политике.

Оценка знаний производится по четырехбалльной системе: высшая — 1, низшая — 4. Руководство лесными факультетами осуществляется ведущими высококвалифицированными научными работниками.

В Праге декан лесного факультета — профессор, доктор Вацлав Корф, заведующий кафедрой таксации, экономики и организации лесного хозяйства, широко известный крупными работами в области лесной таксации и лесоустройства.

В Брно деканом лесного факультета работает член-корреспондент Чехословацкой Академии сельскохозяйственных наук Мирослав Высокот, крупный ученый лесовод, заведующий кафедрой лесоводства.

Каждый декан, независимо от числа студентов имеет двух-трех проректоров. Первый занимается учебной работой, второй — научной, третий — организацией практики и заочного обучения.

Подготовка специалистов по лесному хозяйству и организации учебного процесса на лесных факультетах несколько отличается от организации учебного процесса в СССР. Так, например, в г. Брно на первом курсе все студенты два раза в неделю (понедельник и вторник) слушают лекции по предметам, не предусматривающим практические и лабораторные занятия. Остальные четыре дня студенты работают в лесхозе, выполняя весь цикл лесохозяйственных работ.

Во время первого семестра изучают математику, физику и проводят семинарские занятия по курсу «Введение к изучению марксизма-ленинизма». Во втором семестре студенты изучают четыре предмета: математику, метеорологию, геологию и русский язык. Проводится экзамен по практике, который принимают работники лесхоза для присвоения студентам квалификации лесоруба 4 разряда и лесника. На II, III и IV курсах обучение проводится в стенах института.

Основная форма обучения — лекции и практические занятия.

Занятия проводят в две смены: утром — лекции, после обеда — практические занятия по прочитанному материалу. Многие преподаватели читают лекции по специальным дисциплинам непосредственно в лесу на заранее подготовленных объектах. На подготовку к экзамену по каждому предмету отводится 7 дней.

Весьма интересна заключительная стадия обучения в институте. В дополнение к учебной программе проводятся специальные экскурсии студентов IV курса в различные области ЧССР и зарубежные леса.



Рис. 1. Учебный корпус лесного факультета Высшего сельскохозяйственного института в г. Брно.

Производственную практику студенты проходят в Чехословакии, а также в Польше и ГДР. Это способствует расширению кругозора студентов и лучшему усвоению ими иностранных языков.

На V курсе (9—10 семестр) студентов переводят на заочную форму обучения. Их направляют на производство, где они работают в качестве техников или помощников лесничего и одновременно собирают материал для дипломного проекта. Для получения консультации студенты V курса приезжают в институт каждый месяц на 2 дня.

Тема дипломного проекта дается студенту в конце четвертого курса, при этом тематику выдвигает производство и передает институту. Дипломным проектированием руководит научный работник одной из специальных кафедр (доцент, чаще ассистент) и обязательно один из специалистов производства. Это приближает дипломное проектирование к производству. После защиты дипломного проекта молодой инженер возвращается на прежнее место работы, где получает повышение по службе. Во время учебы в институте студенты проходят такие факультативные дисциплины, как история лесоводства, практический курс вождения машин, курс практической фотографии, охраны природы и др.

В отличие от наших учебных планов в ЧССР большое внимание уделяется изучению основных профилирующих дисциплин. Так, например, у нас на изучение общеобразовательных и общетехнических дисциплин отводится по плану 1596 часов, а в Чехословакии — 1088, а на изучение специальных дисциплин соответственно 2666 и 3196 часов. При подготовке специалистов лесного хозяйства значительная часть времени уделяется получению практических навыков в работе. Очень хорошее впечатление произвело на нас оборудование учебных кабинетов и аудиторий. Во всех аудиториях, рассчитанных на 50 и более слушателей, имеются две опускающиеся и поднимающиеся широкие доски, затененные окна и проекционные установки. Аудитории в большинстве случаев прикреплены к кафедрам и оснащены наглядными пособиями. Оформлению наглядных пособий, коллекций уделяется очень большое внимание. На каждой специальной кафедре все стены учебных кабинетов и коридоров заполнены коллекциями. Некоторые стенды смонтированы в историческом разрезе, имеются действующие макеты. Многие коллекции, особенно охотничьи трофеи, хранятся в течение нескольких десятков лет. Каждая специальная кафедра имеет свои учебные хорошо оборудованные кабинеты для проведения лабораторных и практических занятий. На кафедрах и в коридорах учебного корпуса развешены портреты ученых, сыгравших в свое время большую роль в организации института или же прославившиеся крупными открытиями в области науки. Почти каждый научный работник кафедры имеет отдельный рабочий кабинет.

Во время обучения все успевающие студенты получают государственную стипендию в размере 400—500 крон.

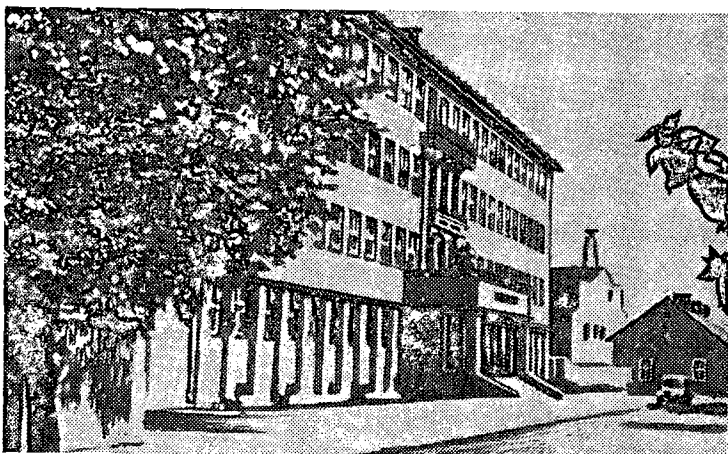


Рис. 2. Учебный корпус Высшей школы по лесному хозяйству и деревообработке в г. Зволене.

Выпускники лесных техникумов и работники лесного хозяйства со средним образованием могут учиться на лесных факультетах также и по заочной системе образования.

Организация приема и учебы студентов по заочной системе следующая.

Деканаты лесных факультетов примерно в январе—феврале рассылают предприятиям специально опечатанные бланки. Их заполняют все желающие учиться заочно. Вступительные экзамены проводятся в марте по следующим дисциплинам: математике, физике, политическим знаниям и лесному хозяйству или по деревообработке.

Поступающие должны отслужить в армии (мужчины), иметь двухлетний производственный стаж по специальности и направление от предприятия и профсоюзной организации. Срок обучения 6 лет.

Каждый месяц институт вызывает студентов-заочников на 2 дня. В это время они слушают лекции, обрабатывают практические занятия и получают консультации. Кроме того, в конце семестра или года студентов вызывают на 6—8 дней для прохождения практикума по отдельным предметам. В день планируется 6—8 часов занятий. Перед каждым экзаменом студенты получают 2 дня отпуска для подготовки и сдачи экзамена.

Характерной особенностью заочного обучения в ЧССР является то, что студенты-заочники не выполняют контрольных работ, контроль за их работой осуществляется ежемесячно во время их приезда в институт. Количество учебных занятий в течение года значительно меньше (примерно в два раза), чем по нашим учебным планам. Результаты учебы студентов-заочников сообщаются на предприятия. Максимальный срок обучения в институте — 8 лет. Темы дипломных проектов студенты-заочники получают на пятом курсе зимой (в феврале). Тематика дипломного проектирования направлена на решение конкретных вопросов производства.

Для сбора материалов, выполнения и защиты дипломных проектов студентам предоставляется 4 месяца оплачиваемого отпуска.

Система присуждения ученых степеней и званий в ЧССР довольно сложная. В прежнее время существовала лишь одна степень доктора технических наук. С образованием ЧССР эта степень потеряла свое значение, так как ее получение было сравнительно легким. В настоящее время подготовка научных кадров в основном производится через аспирантуру. Для того чтобы получить степень кандидата наук, необходимо по окончании института сдать дополнительный минимум по русскому языку, одному из иностранных языков, философии и от 4 до 6 специальных предметов.

От сдачи вступительных экзаменов и кандидатского минимума освобождаются ассистенты, проработавшие 2—3 года в вузе, хорошо зарекомендовавшие себя и имеющие печатные научные работы.

Аспиранты после трех лет учебы должны представить диссертации, которые защищаются перед специальной комиссией и оцениваются тайным голосованием.

Ученая степень присуждается, если «за» проголосовало более 60% членов комиссии. Помимо очной аспирантуры имеется заочная продолжительность 5—6 лет.

Для того чтобы получить звание доцента, кандидат наук должен представить для защиты специальную работу, к которой предъявляются такие же требования, как и к

кандидатским диссертациям. При этом обращается внимание на то, чтобы в этой работе были затронуты вопросы методики преподавания. Защита работ на звание доцента проходит на Ученом совете при открытом голосовании и выступлении 2—3 оппонентов. Защита докторских диссертаций организована так же, как и у нас.

Назначение и присуждение звания профессора кафедры утверждается президентом или министром республики.

При каждом лесном факультете имеется свой учебно-опытный лесхоз, который служит базой для всестороннего практического обучения студентов, для ведения научно-исследовательской работы сотрудниками института, а также для пропагандирования эффективных производственных методов ведения лесного хозяйства.

Деятельностью лесхоза руководит совет, в состав которого входят высококвалифицированные научные работники факультета и руководящие работники лесхоза.

Учебно-опытный лесхоз при лесном факультете в г. Брно имеет общую площадь 10654 га и расчленяется на 9 лесничеств, являющихся его территориально-производственными единицами.

При институте имеется контора лесхоза со штатом 26 человек, из них 17 инженеров и 2 инспектора. В конторе лесхоза имеются три отдела: коммерческий, занимающийся вопросами заработной платы и другими финансовыми операциями; основной производственный отдел (лесоводства и эксплуатации леса); отдел планирования производства.

Помимо этого, имеется 9 лесничих, 7 инженеров-лесоводов, 2 техника, 4 объездчика и 32 лесника.

Средняя площадь лесничества приблизительно равна 1100 га. В лесхозе имеется 33 обхода, средняя площадь каждого из них составляет 350 га.

Кроме ведения лесного хозяйства, лесхоз занимается разведением косуль, зайцев, фазанов и благородных оленей.

Поступила в редакцию  
28 апреля 1963 г.



## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ВТОРАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ЗАЩИТЕ ЛЕСА ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ

С 19 по 25 апреля 1963 г. в Московском лесотехническом институте прошла вторая международная конференция по защите леса от вредителей и болезней.

На конференции были представлены все лесохозяйственные факультеты вузов страны, 12 университетов, некоторые педагогические и сельскохозяйственные институты и академии, научно-исследовательские институты лесного хозяйства, институты АН СССР и другие организации, работающие в области лесозащиты. В ее работе приняли участие более 370 представителей из всех 15 союзных республик страны. Большая часть 168 представленных докладов была опубликована в виде тезисов в двух специальных сборниках. Доклады основывались на исследованиях, выполненных в самых разнообразных географических районах Советского Союза: от севера таежной зоны (Якутия, Архангельская область) до юга (Грузия, Киргизия) и от Прибалтики до Курильских островов.

На пленарном заседании обсуждались 10 докладов. А. И. Воронцов и Е. Т. Курносов доложили об итогах и перспективах развития лесозащиты в стране. Они отметили улучшение надзора за массовым появлением и распространением вредителей и болезней, усовершенствование методов прогноза численности вредителей и диагностики болезней, расширение ассортимента ддохимикатов, позволившее применить новые меры химической борьбы с скрытностволовыми и сосущими вредителями лесных культур. Отмечались изменения авиационного метода борьбы — замена опыливания насаждений более экономичным и эффективным мелкодисперсным опрыскиванием растворами инсектицидов в минеральных маслах, более широкое применение аэрозольного метода, обусловленное выпуском отечественной промышленностью аэрозольных генераторов, уже поступающих в лесхозы; использование микробиологических препаратов для борьбы

с лесными вредителями. Проведены значительные исследования по экологии ряда видов энтомовредителей и болезней леса, а также полезных паразитических насекомых.

Докладчики и выступающие считают необходимым в ближайшие годы обратить серьезное внимание на механизацию лесозащитных работ, обеспечение лесопатологов потребным энтомологическим оборудованием и справочной литературой, проведение лесозащитных мероприятий в комплексе с другими лесохозяйственными и лесокультурными работами, для чего необходимо упорядочить лесозащитное дело в планирующих лесных организациях, а также укомплектовать тресты и экспедиции «Леспроекта», лесхозы и леспромхозы квалифицированными лесопатолами. Было высказано предположение, нашедшее отражение в решении конференции, о целесообразности создания Института защиты леса, где были бы сосредоточены исследования крупных научных проблем лесозащиты, осуществлялась бы координация исследований, проводимых отраслевыми научно-исследовательскими институтами и вузами.

С большим интересом были прослушаны доклады П. А. Положенцева «Результаты изучения энтомоустойчивости древесных пород и влияние их физиологического состояния на размножение вредных насекомых», Д. Ф. Руднева «Перспективы развития химического метода борьбы с вредителями леса», Б. В. Добровольского «Вопрос о ликвидации проволочников в лесном хозяйстве» и другие.

На конференции работали четыре симпозиума. Участники симпозиума по динамике численности вредителей леса единодушно высказывались за необходимость широких комплексных исследований, направленных на окончательное решение этой центральной проблемы лесозащиты, дающей возможность своевременного предвидения нарастания численности вредителей и организации борьбы с ними.

Симпозиум по фауне и экологии насекомых обсудил ряд докладов о вредителях тополей, молодняков, ствольных вредителей хвойных пород и мерах борьбы с ними.

На симпозиуме по новым методам и средствам борьбы с вредителями и болезнями леса большой интерес вызвали доклады о применении фосфоорганических препаратов для борьбы с сосновым подкорковым клопом и другие.

Основное внимание на симпозиуме лесной фитопатологии было уделено особенностям формирования очагов корневой губки, некоторым другим корневым и ствольным гнилям и мерам борьбы с ними. Участники отметили недостаточную разработанность ряда важных вопросов лесной фитопатологии и отсутствие должного внимания лесных организаций к борьбе с болезнями леса.

Активно обсуждались на специальном методическом семинаре вопросы преподавания лесозащитных дисциплин в вузах и техникумах. В интересах улучшения их преподавания предлагалось предусмотреть в учебных планах лесохозяйственных факультетов курсовое проектирование по лесозащите,

укрепить материальную базу кафедр, увеличить сроки учебных практик по лесной энтомологии и фитопатологии, ввести в ряде вузов специализацию по лесозащите. Кафедрам вузов рекомендовано оказать помощь техникумам в преподавании лесозащитных дисциплин.

Конференция приняла резолюцию. Признано необходимым улучшение координации научных исследований, расширение и углубление творческих исследований в области динамики численности популяций, биологического метода борьбы, изучения устойчивости и иммунитета древесных пород к вредителям и болезням. Рекомендовано более широкое внедрение в практику исследований методов биохимии и биофизики, применение математического анализа, расширение экспериментальной базы с использованием последних достижений науки и техники.

**Б. Б. Лебле.**

*Доцент, кандидат биологических наук.*

**Л. В. Покровская.**

*Ассистент*

*(Архангельский лесотехнический институт).*

## ПАМЯТИ УШЕДШИХ

**Г. Ф. РЫЖКОВ**

14 августа 1963 г. после тяжелой болезни в возрасте 60 лет скончался заведующий кафедрой экономики и организации производства Уральского лесотехнического института, бывший его ректор, кандидат экономических наук, доцент Григорий Федорович Рыжков.

Г. Ф. Рыжков один из старейших работников лесотехнических вузов Советского Союза. После окончания в 1927 г. Ленинградской лесотехнической академии он свыше десяти лет проработал на производстве в лесотехнической промышленности. С 1938 г. до последних дней своей жизни все свои силы он отдавал делу высшего лесотехнического образования. Он был деканом, зам. директора и директором Архангельского лесотехнического института, а затем ректором, зав. кафедрой в Уральском лесотехническом институте.

Г. Ф. Рыжков известен как видный организатор высшего лесотехнического образования, прекрасный педагог, ученый-лесоэкономист. Им опубликовано много статей, брошюр и книг по вопросам развития лесной промышленности, имеющих большое теоретическое и практическое значение.

Его книга «Экономика лесохимической и гидролизной промышленности» является первым и пока единственным пособием

в этой области знаний для студентов лесотехнических вузов и работников лесохимической и гидролизной промышленности. Г. Ф. Рыжков был активным членом научного совета по проблеме «Комплексное использование и воспроизводство лесных ресурсов и недровесного растительного сырья» при Государственном комитете по координации научно-исследовательских работ.

Вступив в члены КПСС в 1928 г., Г. Ф. Рыжков неуклонно проводил в жизнь политику партии. Его неоднократно избирали в руководящие партийные и советские органы. В 1953—1955 гг. он заведовал отделом науки и культуры Свердловского обкома КПСС.

Добросовестный труд Г. Ф. Рыжкова отмечен правительственными наградами: орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», медалями «За трудовую доблесть» и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Григорий Федорович был принципиальным, прекрасным работником, скромным, обаятельным человеком, чутким, отзывчивым товарищем. Таким он сохраняется в памяти всех, кто его знал.

Группа товарищей.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Н. Т. Смирнов. Закономерности роста сосново-березовых молодняков на Южном Урале . . . . .	3
В. А. Бодров, С. В. Ярошенко. О рубках ухода в лесных полосах, созданных гнездовым способом . . . . .	10
А. Н. Маргынгов, И. В. Шутов. Об изменении прироста ели в лиственнично-еловых древостоях, обработанных производными 2,4,5-Т и 2,4-Д . . . . .	15
С. Н. Багаев. Рост древесных пород при различных условиях их затенения в молодняках . . . . .	21
И. И. Гусев. Динамика таксационных показателей разновозрастных ельников Архангельской области . . . . .	25
А. С. Формин. К вопросу об осушении лесных площадей Мещерской низменности . . . . .	30
И. И. Левицкий, А. В. Письмеров. Характеристика основных типов елово-пихтовых лесов Уфимского плато . . . . .	33
В. Е. Кизенков. Результаты аэросева семян ели по лиственным молоднякам в Бекетовском лесничестве Вологодской области . . . . .	37
В. Р. Карлин. О разумном использовании площади при выращивании лесных культур . . . . .	41
Н. И. Федоров. К вопросу о зараженности насаждений Беловежской пуши сосновой губкой . . . . .	45

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. И. Рахманов. Определение среднего расхода электроэнергии подъемно-транспортными машинами для лесных грузов . . . . .	48
В. М. Львовский. Колебания бесконечной балки, лежащей на упругом массивном основании и работающей в пространственных условиях, под действием равномерно движущейся нагрузки . . . . .	56
А. А. Ткаченко. Технология строительства автомобильных дорог на болотах	68
Б. А. Ильин. Об особенностях расчета на прочность дорожных одежд лесовозных дорог, предназначенных для работы автомобилей с односкатными колесами . . . . .	76
Н. Г. Бережнов. Влияние температуры на примерзание саней . . . . .	80
Г. М. Парфенов, Л. М. Салагина. О путях механизации лесозаготовок	83

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Н. О. Нехамкин. К вопросу об обосновании мощности предприятия столярно-механических производств . . . . .	91
М. М. Цывин. О некоторых факторах, влияющих на качество смешивания в производстве стружечных плит . . . . .	100
А. К. Пухов. Экспериментальное определение коэффициентов влагоотдачи древесины при сушке . . . . .	109
А. В. Алексеев. К вопросу стружкообразования при фрезеровании древесины резцами с незначительным затуплением . . . . .	118

Ю. М. Ошурков, В. Н. Петри. Экспериментальная установка для изучения процессов конвективной сушки древесины . . . . .	122
А. И. Егоров. Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи в специальных сдвинутых котельных лучках . . . . .	126

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Г. Л. Часовщиков, Ю. Г. Кораблев, Б. Д. Богомолов. Влияние состава технического щелочного сульфатного лигнина на его усиливающие свойства в резинах . . . . .	132
В. Е. Ковалев, О. М. Гос. Неоабьетин и его производные в нейтральных маслах хвойной газогенераторной смолы . . . . .	137
Мирослав Магдалик. Экстрактивные вещества из древесины лиственных пород . . . . .	144
И. И. Орлов. К вопросу о типах смолопродуктивности сосны . . . . .	147

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. Э. Грубе, В. И. Санев. Экспериментальные исследования величины «мгновенного» скольжения заготовок в вальцовых органах подачи станка СР6-5Г . . . . .	149
Н. М. Немченко. Система автоматического репулирования посылки в лесопильной раме . . . . .	156

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. Н. Смирнов, Е. В. Гришкун, В. А. Усынина. Влияние многолетнего люпина ( <i>Lupinus polyphyllus</i> ) на физико-химические и биохимические свойства дерново-подзолистых почв . . . . .	162
А. Н. Яблоков. О весовом и гидростатическом способах определения объемов бревен . . . . .	166

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

Д. А. Машков. В Объединенном Совете Уральского лесотехнического института . . . . .	168
---	-----

### ЗА РУБЕЖОМ

В. Е. Вихров, Н. И. Федоров. Высшее лесотехническое образование в Чехословакии . . . . .	169
--	-----

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

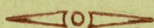
Б. Б. Лебле, Л. В. Покровская. Вторая межвузовская конференция по защите леса от вредителей и болезней . . . . .	173
--	-----

### ПАМЯТИ УШЕДШИХ

Г. Ф. Рыжков . . . . .	175
------------------------	-----

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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



Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1964 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 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».