

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЬМОЙ

5

1965

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (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. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. Г. Я. Трайтельман, доц. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

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

Выходит 6 раз в год.

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

УДК 631.84 : [634.0.232 : 674.032.475.442]

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

**ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В СОСНОВЫХ КУЛЬТУРАХ
СУХОГО БОРА****А. П. СЛЯДНЕВ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Брянский технологический институт)

Широкие возможности сокращения сроков выращивания спелой древесины, увеличения промежуточного пользования древесиной и повышения продуктивности участков леса открывает химизация лесного хозяйства и, в частности, применение химических удобрений. Изучением этих вопросов занимался ряд ученых [1], [2], [4], [5], [6], [9].

С 1960 г. мы начали работы по применению различных удобрений в разных дозах в наиболее распространенных типах сосняков учебно-опытного лесхоза Брянского технологического института. Были заложены полистационары в сосняках зеленомошно-лишайниковом, бруснично-орляковом, чернично-орляковом и других типов в насаждениях разного возраста, но преимущественно в сосняках жердняковой стадии развития. В этот период потребность в элементах пищи максимальна [8].

А. И. Зоржевский и Е. И. Крот [3] на основании исследований в сосняках свежей субори разного возраста пришли к выводу, что период усиленного потребления питательных элементов (I—II классы возраста) сопровождается отрицательным балансом их для почвы.

Догадку о разнице в соотношении потребления и возврата зольных веществ, меняющемся с возрастом, как сообщает П. С. Погребняк [7], высказал Г. Ф. Морозов еще в то время, когда не существовало исследований по балансу веществ в системе почва — древесной.

Г. Ф. Морозов называл критическим возраст, в котором насаждения развивают «наибольшую хворостяную массу», имеющую наибольшую зольность. В этом возрасте, если почва не удовлетворяет потребность насаждения, происходит задержка в росте, приостанавливается дифференциация деревьев и самоизреживание.

Рассмотрим особенности изменения роста 8-летних сосновых культур, созданных посадкой в суховатом бору (А₁₋₂).

Опыт с внесением азотного удобрения был заложен в 1961 г. На секции путем поверхностного разбрасывания вносили калийную селитру из расчета 20, 40 и 60 кг действующего вещества (азота) на 1 га.

В другом варианте, заложенном в 1962 г. в тех же культурах, исследовали влияние торфа с азотным удобрением. В этом случае на каждую секцию также поверхностным разбрасыванием был внесен ильинский торф из расчета 40 т на 1 га, а на одну секцию, кроме этого, — калийная селитра из расчета 30 кг действующего вещества на 1 га.

Осенью 1964 г. у всех деревьев были обмерены длины и срединные диаметры годичных побегов за ряд лет. Анализ собранного материала показал, что степень влияния удобрения на рост культур зависит от биологически активной густоты в момент закладки опыта, количества осадков, дозы удобрений и других факторов.

Под биологически активной густотой мы понимаем густоту насаждений, определяемую числом крупных деревьев на 1 га. В данном случае при установлении биологически активной густоты было принято число сосен с высотой в год закладки опыта более 1 м, то есть с высотой, близкой к средней и превышающей ее. В процессе обмена веществ эти деревья потребляют наибольшую массу воды и элементов пищи и тем самым сильнее влияют на изменение почвенных экологических условий. Будучи в верхнем пологе, они оказывают более существенное влияние на световую обстановку. В связи с этим, очевидно, количество таких деревьев в насаждениях будет в значительной степени определять взаимное изменение экологических условий и влияние на мелкие деревья. Целесообразность понятий общей и биологически активной густоты вытекает из многочисленных работ по изучению взаимоотношений между подростом и материнскими деревьями, между особями разного возраста, между деревьями, расположенными в центре и на периферии площадок и т. п.

Сопоставление средних текущих приростов в высоту и срединных диаметров побегов показывает, что более сильная активизация ростовых процессов у крупных деревьев наблюдалась при наибольшей в данном варианте опыта дозе азотного удобрения (табл. 1).

Таблица 1

№ секций	Количество внесенной калийной селитры, кг действующего вещества на 1 га	Густота, шт./га		Средние текущие приросты в высоту (см) по годам			Средние диаметры побегов (мм) по годам		
		общая	биологически активная	1960	1961	1962	1960	1961	1962
K ₂	—	6700	4700	30,7	39,1	47,3	31,7	25,9	18,6
K ₁	—	5670	3400	30,5	38,8	49,5	33,1	26,8	19,3
4	20	6300	3200	30,0	39,6	49,8	33,2	26,8	20,2
3	40	6600	4800	30,2	39,6	50,0	32,8	26,0	18,8
2	60	7470	4700	30,2	40,3	51,1	35,4	28,2	20,4

Из таблицы видно, что наиболее эффективно применение большой дозы калийной селитры. Еще большие изменения в росте наблюдаются у мелких деревьев (табл. 2).

Таблица 2

№ секций	Количество внесенной калийной селитры, кг действующего вещества на 1 га	Густота, шт./га		Средние текущие приросты в высоту (см) по годам			Средние диаметры побегов (мм) по годам		
		общая	биологически активная	1960	1961	1962	1960	1961	1962
K ₂	—	6700	4700	15,1	23,4	28,5	17,1	14,7	10,4
K ₁	—	5670	3400	14,8	26,8	33,9	21,9	18,6	13,2
4	20	6300	3200	14,5	28,6	39,0	24,9	20,5	15,0
3	40	6600	4800	15,1	27,9	38,1	19,1	16,9	12,6
2	60	7470	4700	16,0	26,5	39,4	26,6	21,7	15,6

Увеличение роста мелких деревьев под влиянием удобрения открывает возможности расширения промежуточного пользования древесиной.

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что в год внесения удобрения прирост в высоту находится в обратной связи с дозой удобрения. Это указывает на целесообразность внесения удобрения небольшими дозами при возможно более частом повторении такого ухода в условиях суховатого бора при еще несформировавшейся подстилке. Эти же материалы позволяют обратить внимание на эффективность сочетания искусственного удобрения с предварительным изреживанием молодняков рубками ухода.

Большое влияние на эффективность азотного удобрения оказывает обеспеченность растения водой. При резком уменьшении количества атмосферных осадков за вегетационный период, как это было в 1963 г., когда количество их снизилось примерно до 40% от многолетней средней, приросты в высоту на всех участках уменьшились по абсолютным и относительным показателям (табл. 3). Это снижение тем сильнее, чем выше биологически активная густота и доза азотного удобрения.

Таблица 3

№ секций	Количество внесенной калийной селитры, кг действующего вещества на 1 га	Густота, шт./га		Средние текущие приросты в высоту (см) по годам		
		общая	биологически активная	1962	1963	1964
K ₂	—	6700	4700	47,3	42,4	38,0
K ₁	—	5670	3400	49,5	46,4	43,5
4	20	6300	3200	49,8	44,7	39,4
3	40	6600	4800	50,0	41,9	39,9
2	60	7470	4700	51,1	44,0	42,4

В засушливый год текущий прирост на удобренных секциях оказался несколько выше, чем в контроле с густым стоянием деревьев, но ниже, чем на контроле с меньшим количеством деревьев. В участках с наибольшей биологически активной густотой и при средней дозе удобрения он на 10% меньше, чем на контроле с наименьшей в данном случае густотой. На следующий год, когда обеспеченность растений водой приблизилась к нормальной, более высокий прирост оказался вновь на участке с наибольшей дозой удобрения.

Все это указывает на необходимость сочетания внесения азотного удобрения с мероприятиями по улучшению обеспеченности растений водой. Последнее может быть достигнуто, в первую очередь, своевременными рубками ухода в сосновых молодняках, оставлением порубочных остатков для перегнивания, подавлением злаковой растительности гербицидами до смыкания культур и т. д.

Подтверждением целесообразности сочетания внесения азотного удобрения в сосновых культурах, в которых нет достаточно сформировавшейся подстилки, с другими мероприятиями является опыт применения торфа и торфа с азотным удобрением из расчета 30 кг действующего вещества на 1 га (табл. 4).

Таблица 4

№ секций	Количество удобрений из расчета на 1 га	Средний текущий прирост в высоту (см) по годам		
		1962	1963	1964
3Б	—	32,1	33,9	33,0
2	Низинный торф — 40 Т	39,3	38,0	36,1
1	Низинный торф — 40 Т, калийная селитра — 30 кг	40,5	39,8	40,0

При внесении низинного торфа и низинного торфа с азотным удобрением прибавка в росте более заметна, чем при применении одного азотного удобрения.

Хотя в засушливый год приросты снижаются по сравнению с предшествующим годом, но на удобренных участках они все-таки значительно больше, чем на контроле.

Комплекс рациональных мероприятий необходимо избирать с учетом экономических условий и природных особенностей участков леса. Осуществление комплексного ухода с молодого возраста насаждений и до возраста спелости явится прочной основой высоких и устойчивых приростов древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. В. Гуляженко. Опыт повышения продуктивности сосновых жердняков, поврежденных низовыми пожарами. Сборник научных трудов Белорусского лесотехнического института, вып. XI, Минск, 1958. [2]. Б. Д. Жилкин, И. Э. Рихтер. Повышение продуктивности сосновых насаждений Белоруссии. Минск, 1964. [3]. А. И. Зоржевский, Е. И. Крот. Роль соснового насаждения в накоплении удобрений в почве. Труды Института леса АН СССР, т. 24, 1955. [4]. А. Ф. Иванов. Влияние минерального питания на рост древесных пород. Сборник научных трудов института биологии АН БССР, вып. III, изд-во АН БССР, Минск, 1952. [5]. С. А. Казадаев. О повышении продуктивности сосновых насаждений на бедных песчаных почвах путем минеральной подкормки. Сб. «Повышение продуктивности лесных площадей центрально-черноземных областей», материалы научно-производственного совещания работников лесного хозяйства при Воронежском лесотехническом институте, Воронеж, 1956. [6]. В. Г. Нестеров. Вопросы современного лесоводства. Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, М., 1961. [7]. П. С. Погребняк. Общее лесоводство. 1963. [8]. Н. П. Ремезов, Л. Н. Быкова, К. М. Смирнова. Биологический круговорот азота и зольных элементов в лесных насаждениях. Труды Института леса АН СССР, т. 24, 1955. [9]. В. И. Рубцов. Культуры сосны в лесостепи центрально-черноземных областей. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964.

Поступила в редакцию
18 марта 1965 г.

УДК 631.541.2 : 674.032.475.442

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИВИВОК СОСЕН В ПЕРИОД ИХ ПРИЖИВАНИЯ

В. Н. НЕНЮХИН

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Вопросам физиологии прививок хвойных древесных пород в литературе уделено очень мало внимания. Имеются замечания общего порядка по влиянию физиологического состояния подвоя на приживаемость привитого черенка [5], и почти совершенно отсутствуют сообщения о его физиологическом состоянии в период приживания — весьма важном моменте при разработке и внедрении тех или иных методов прививки в практику лесного семеноводства для конкретных условий.

Автор поставил задачу установить характер влияния напряженности факторов внешней среды на состояние привитых черенков в период их срастания с подвоем.

Прививки выполняли способами сердцевина на камбий [6] и камбий на камбий [2]. Для прививок использовали как зимние, так и зеленые черенки, которые во всех случаях нарезали с плодоносящих деревьев в верхней части кроны. Привойный материал до прививки хранили в снежной куче, покрытой слоем опилок толщиной 25 см. Черенки для прививки нарезали длиной 5—10 см, на черенке оставляли 5—7 пучков хвои у пятихвойных сосен и 7—10 пучков — у двуххвойных.

Предполагали, что влажность привитого черенка, с одной стороны, общий вес черенка и его термический режим, с другой, в период приживания с подвоем находятся в корреляционной зависимости. Поэтому динамика влажности в привитом черенке была исследована путем сравнения общего веса черенка в период его срастания с подвоем с первоначальным весом перед моментом прививки.

Вторым методом косвенного определения величины влажности было изучение термического режима привоя в период его приживания.

Определение изменения общего веса черенка производили на примере прививок *Pinus silvestris* L., *Pinus Murrayana* Balf. Опыт был поставлен в следующем порядке: а) подготовленный к прививке черенок взвешивали на весах с точностью 10 мГ; б) во время взвешивания на подвое делали срез; в) взвешенный черенок прививали.

Привитые черенки (привои) через 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 27 и 30 дн. после прививки снимали с подвоя и взвешивали в период с 10 до 11 часов. Для каждого взвешивания было взято 3—4 черенка.

Привои к восемнадцатому-двадцатому дню обычно хорошо срастаются с подвоем, поэтому отделяются от подвоя с каллюсной тканью;

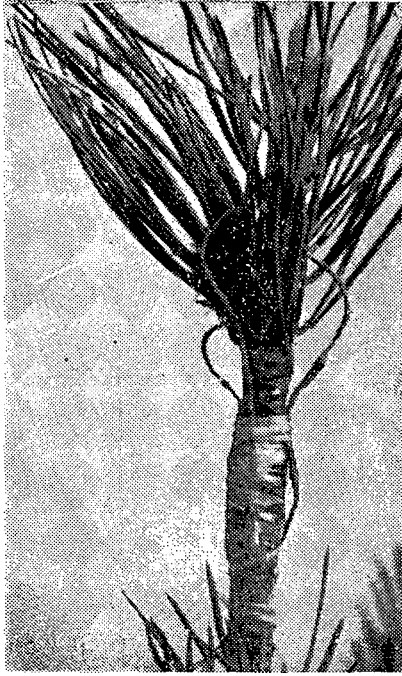


Рис. 1. Монтировка микротермисторов В. Г. Карманова для измерений температуры внутренних тканей компонентов прививки.

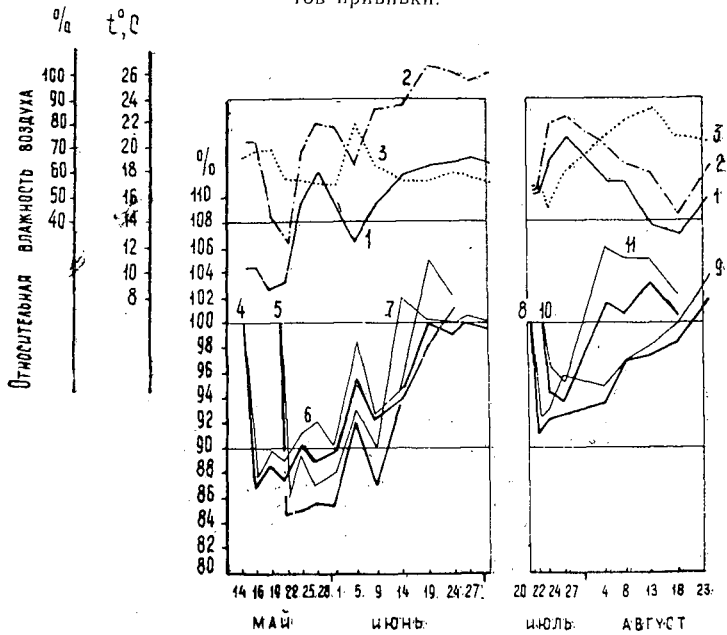


Рис. 2. Изменение общего веса привоев сосны обыкновенной 4, 8, сосны Муррея 5 и ели обыкновенной 10 в период их приживания с подвоем.

1 — средняя температура воздуха; 2 — максимальная температура воздуха; 3 — относительная влажность воздуха; 6, 7, 9, 11 — максимальные значения общего веса привоев. Опыты с прививками ели в статье не описаны.

с этого же времени в привоях начинается накопление органической массы за счет физиологических процессов. Первый и второй факторы оказали некоторое, но не существенное, влияние на общий вес привоя, хотя в опыте это влияние не учтено. Опыт по определению содержания влаги в привитом черенке в период его срастания с подвоем был проведен в двукратной повторности.

Температуру измеряли с помощью полупроводниковых микротермисторов В. Г. Карманова МТ-54 [3]. В качестве подопытных видов были взяты сосна обыкновенная *Pinus silvestris* L. и кедр сибирский *Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr.

Опытные прививки были выполнены 31 июля и 15 августа 1964 г. Внешний вид установки термисторов представлен на рис. 1. Наблюдения проводили за шестнадцатью прививками, на которых было установлено 26 микротермисторов. МТ-54 монтировали в камбиальной ткани с теневой и с солнечной сторон в привитом черенке и в побеге подвоя выше места прививки на 2—3 см.

Температуру регистрировали в 7, 13 и 18 час. на 1-й, 7-й, 9-й, 11-й, 14-й и 25-й день после прививки; на 3-й, 5-й, 7-й, 14-й, 25-й день температуру замеряли с 6 час. 30 мин. до 10 час., с 13 час. до 16 час. и с 19 час. до 22 час.; отсчеты с прибора брали с интервалом 30—120 сек. Температуру воздуха замеряли срочным термометром с ценой деления 0,2°С, одновременно с определением температуры в тканях привоя и подвоя. Наблюдения за радиацией солнца проводили по пиранометру Янишевского.

Было найдено, что вес привитого черенка сосны обыкновенной при весенних прививках (14 мая) в первые 2 дня уменьшается на 13,1%, при позднелетних (21 июля) — на 9%; у сосны Муррея при весенних (21 мая) — на 15,4%. Далее, некоторое время вес черенка удерживается на постоянном уровне.

Устойчивое увеличение веса привоев происходит с 10—13 дня после весенней прививки и с 7—10 дня при позднелетних сроках (рис. 2). Вес черенка в сильной степени зависит от метеорологических условий. Хвоя привитого черенка способна впитывать влагу росы и дождя; при этом наблюдается увеличение веса черенков до 2—3% у сосны обыкновенной и до 5% у сосны Муррея.

Первоначальный вес привоя сосны обыкновенной восстанавливается весной на 30—35-й день после прививки, позднелетними прививками — на 28—33-й день.

Температурный режим привитых черенков исследовали на позднелетних прививках сосны обыкновенной и кедра сибирского. Всего было сделано около 5 тыс. различных измерений температуры. Наблюдения за температурой проводили в дневные часы суток, так как в это время прививки в наибольшей степени подвергаются вредному воздействию внешних условий.

Под действием солнечных лучей ткани растений нагреваются значительно выше температуры окружающего воздуха [1], [4], [7], [8]. Е. Конис установил высокую корреляционную связь между нагреванием листа растений и интенсивностью транспирации (последняя в ясные дни увеличивается от 30 до 230%).

Наши измерения показали, что величины наибольших положительных градиентов температуры между привитым черенком и воздухом, привитым черенком и побегом подвоя наступают в первые 7 дней после прививки. Температуры привоя и подвоя находятся в большой зависимости от интенсивности солнечной радиации, облачности, силы ветра и степени иссушения привитого черенка.

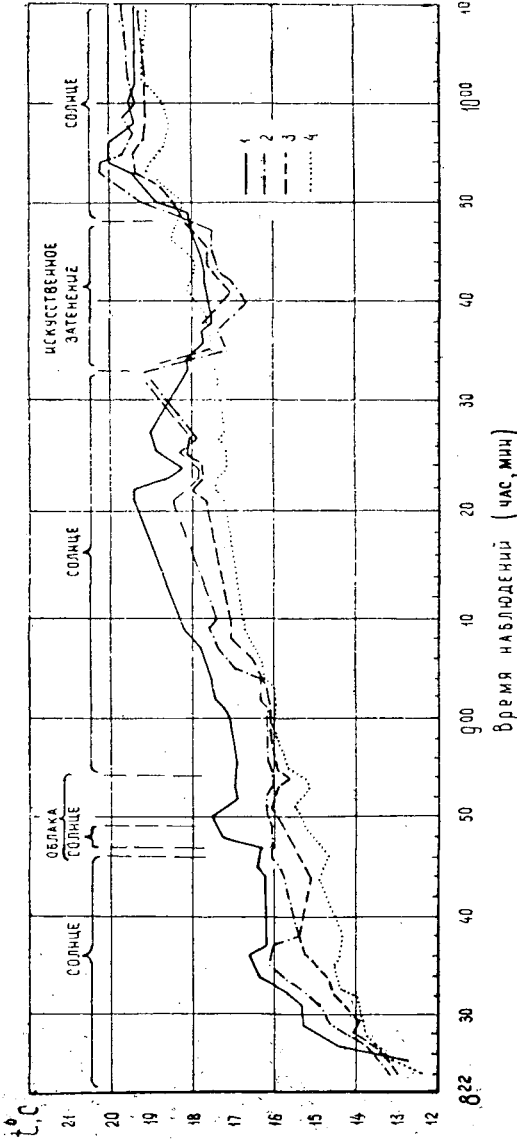


Рис. 3. Ход температуры в привитом черенке 1; в побеге подвоя с солнечной стороны 2; в побеге подвоя с теневой стороны 3 и в воздухе 4 на третий день после прививки. Прививка кедра сибирского выполнена с теневой стороны побега подвоя.

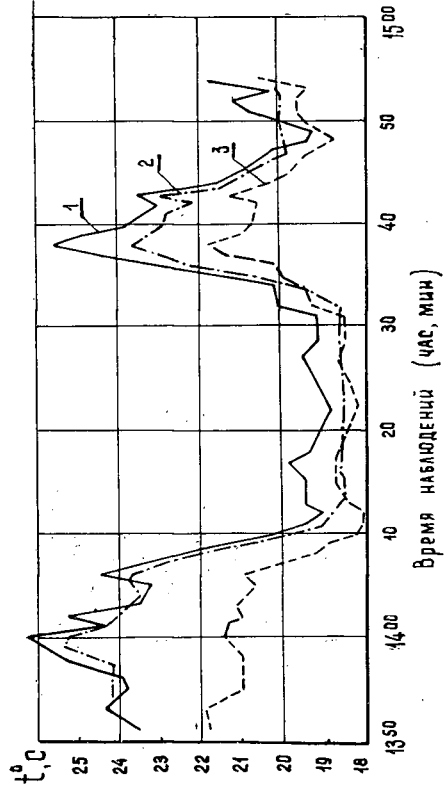


Рис. 4. Ход температуры в привитом черенке 1, в побеге подвоя с теневой стороны 2 и в воздухе 3 на третий день после прививки. Прививка кедра сибирского выполнена с теневой стороны побега подвоя сосны обыкновенной.

При интенсивности суммарной солнечной радиации, близкой к $0,9200 \text{ кал/см/мин}$, температура привоя кедр сибирского ($24,9^\circ\text{C}$) в зоне камбия в большинстве случаев несколько ниже температуры побега подвоя сосны обыкновенной ($25,5^\circ\text{C}$). У прививок сосны обыкновенной подобной зависимости отмечено не было; привитый черенок в моменты интенсивной прямой солнечной радиации (в ясные дни) в первые 7 дней всегда имеет температуру, превышающую температуру побега подвоя, что является следствием пониженного лучеиспускания и транспирации привоя.

Таблица 1

Время наблюдений (часы, минуты)	Температура в привитом черенке, $^\circ\text{C}$	Температура в побеге подвоя, $^\circ\text{C}$	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	Δt_1	Δ_2	Δt_3
10.00	21,9	20,8	15,7	+ 6,2	+ 5,1	+ 1,1
10.01	22,8	20,4	16,1	+ 6,7	+ 4,3	+ 2,4
10.02	23,8	20,7	16,0	+ 7,8	+ 4,7	+ 3,1
10.04	24,0	21,5	16,0	+ 8,0	+ 5,5	+ 2,5
10.05	23,7	21,5	16,1	+ 7,6	+ 5,4	+ 2,2
10.07	24,2	22,3	16,0	+ 8,2	+ 6,3	+ 1,9
10.09	25,4	23,1	16,0	+ 9,4	+ 7,1	+ 2,3
10.11	29,7	26,0	16,6	+ 13,1	+ 9,4	+ 3,7
10.13	28,2	24,3	16,7	+ 11,5	+ 7,6	+ 3,9
10.15	27,4	24,3	16,0	+ 11,4	+ 8,3	+ 3,1
10.16	27,4	24,1	16,4	+ 11,0	+ 7,7	+ 3,3

Примечание. Δt_1 — температурный градиент между привитым черенком и воздухом; Δt_2 — температурный градиент между побегом подвоя и воздухом; Δt_3 — температурный градиент между привитым черенком и побегом подвоя.

Максимальные температуры (табл. 1), близкие к $+30^\circ\text{C}$ в привое сосны обыкновенной и к $+26^\circ\text{C}$ в побеге подвоя, при температуре воздуха $+16^\circ\text{C}$ отмечали на третий день после прививки (18 августа). Температурный градиент между привоем и воздухом достигал $+13^\circ\text{C}$, между побегом подвоя и воздухом $+9^\circ\text{C}$. В некоторые моменты усиления прямой солнечной радиации разница в температурах между привоем и подвоем возрастала до $+4,5^\circ\text{C}$. В пасмурные дни температура тканей компонентов прививки существенным образом не отличалась от температуры воздуха.

На рис. 3 изображен график хода температур в привое кедр сибирского 1, в побеге подвоя сосны обыкновенной с солнечной стороны 2, в побеге подвоя с теневой стороны 3 и в воздухе 4. На графике можно видеть, что ткани привоя под действием солнечных лучей нагреваются сильнее, чем побег подвоя. При искусственном затенении температура привоя и подвоя резко падает, причем становится ниже температуры воздуха. В этих условиях температура привоя остается выше температуры побега подвоя. Ход температуры в привитом черенке изменяется, когда последний попадает в тень побега подвоя. Она становится несколько ниже температуры побега подвоя с теневой стороны (на графике этот момент отображен с 9 час. 57 мин.), затем приближается к температуре побега подвоя с солнечной стороны. Скорость изменения температуры в привое в момент затенения солнца облаками несколько выше, чем в побеге подвоя. Она может достигать в среднем $1,3^\circ\text{C}$ в минуту в привое и $0,9^\circ\text{C}$ в минуту в побеге подвоя (рис. 4).

Разница температуры между привоем и подвоем постепенно начинает уменьшаться с 7—10-го дня после прививки, на 14-й день у некоторых прививок в ясные солнечные дни она исчезает или имеет

незначительные величины порядка $+0,2^{\circ}\text{C}$ — $+0,5^{\circ}\text{C}$. Причиной этого является повышение влажности в привитом черенке. На 25-й день после прививки положительные градиенты температуры между привитым черенком и побегом подвоя в ясные дни у большинства прививок исчезают полностью.

Таким образом, можно заключить, что появление положительного температурного градиента между привоем и побегом подвоя в период приживания является следствием изменения водного режима в привитом черенке, по которому можно судить о характере скорости срастания компонентов прививки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. П. Володин. Жаростойкость некоторых ксерофитов в природной обстановке. Бюллетень Московского общества испытателей природы, т. 56, 1, 1951. [2]. Д. Я. Гиргидов, В. И. Долголиков. Отбор плюсовых маточных деревьев и вегетативное размножение хвойных пород при создании лесосеменных плантаций. Изд. ЛенНИИЛХ, Л., 1962. [3]. В. Г. Карманов. Измерение температуры листьев растений при физиологических исследованиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Л., 1956. [4]. И. Н. Котович. Термический режим деревьев яблони в зимний период в условиях Северо-Запада. Бюллетень научно-технической информации по агрономической физике № 8—9, Л., 1960. [5]. В. М. Пирга. Некоторые особенности прививок сосны в открытом грунте. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1962. [6]. Е. П. Проказин. Новый метод прививки хвойных для создания семенных участков. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1960. [7]. А. А. Силина. Температура листьев древесных пород в Деркульской степи в связи с их жаростойкостью. Труды Института леса, т. 27, изд. АН СССР, М., 1955. [8]. E. Konis. The effect of leaf temperature on transpiration. Ecology, vol. 31, № 1, 1950.

Поступила в редакцию
19 февраля 1965 г.

УДК 631. 521.1 : 674.032.475.442

ШЕСТИЛЕТНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Я. ПОПОВ

Аспирант

П. И. ВОЙЧАЛЬ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

В данной статье рассмотрены результаты исследований географических культур сосны, заложенных в 1959 г. в Шелековском участке Исакогорского учебно-опытного лесхоза [1], [2]. Данные ежегодных учетов были сгруппированы в зависимости от происхождения по 28 физико-географическим областям и подпровинциям [3], [4] и по 17 климатипам [6].

Качественные показатели успешности культур различного происхождения по физико-географическим областям приведены в табл. 1, по климатипам — в табл. 2, по природным зонам — в табл. 3.

Наилучший результат по сохранности сеянцев, проценту заселенных площадок, числу сеянцев на одной площадке и на 1 га дали культуры из Среднетаежной и Северотаежной областей. Хорошо показали себя также культуры из Прибалтийско-Валдайской области, Зауральской, Чуно-Ангарской, Вилюйско-Алданской, Селенгинско-Аргуньской подпровинций. Самые плохие показатели имели культуры из Прибалтийско-Полесской, Центральной областей, Брянско-Украинского Полесья, Западной лесостепи, Центральной лесостепи, Заволжской лесостепи, Приволжской и Заволжской степи.

Лучший рост в высоту наблюдается у культур из Северотаежной, Среднетаежной областей, Северных Увалов и Камского Предуралья, Южного Предуралья, Южного Зауралья, Зауральской подпровинции. Несколько ослаблен рост в высоту у культур из Кетско-Чулымской, Чуно-Ангарской, Саянской, Селенгинско-Аргуньской, Амуро-Зейской, Иртыш-Обской подпровинций. Заметное отставание в росте в высоту наблюдается у культур из Вилюйско-Алданской подпровинции и у культур степного происхождения (рис. 1).

Исследования, проведенные нами [5] в 25-летних сосняках иркутского и местного происхождения на юге Архангельской области, показали, что как по росту и развитию, так и по качеству сосняки иркутского происхождения вполне удовлетворительны.

Диаметры у шейки корня культур из Прибалтийско-Полесской области, Центральной лесостепи, Заволжской лесостепи, Приволжской и Заволжской степи, Вилюйско-Алданской, Амуро-Зейской, Тоболо-

Таблица 1

№ п/п.	Физико-географическая область (подпровинция)	Сохранность, %	Число сеянцев на одной пло- щадке, шт.		Число сеянцев на 1 га, тыс. шт.	Про- цент за- селен- ных площад- ок	Сред- няя высота, см	Теку- щий прирост в высо- ту в 1964 г., см	Сред- ний ди- аметр у шейки корня, см	Отпад, % от числа всходов				
			в 1959 г.	в 1964 г.						в 1960 г.	в 1961 г.	в 1962 г.	в 1963 г.	в 1964 г.
1	Северогаежная	41	20	10	19,9	82	40	13,7	0,7	20	33	36	48	59
2	Среднегаежная	53	16	11	23,0	88	38	13,6	0,6	12	21	32	39	47
3	Прибалтийско-Валдайская	27	19	7	12,3	72	33	12,2	0,6	32	42	45	61	73
4	Северные Увалы и Камское Предуралье	15	17	3	4,9	61	36	13,1	0,6	43	53	66	82	85
5	Южная тайга и центрально-восточная часть зоны смешанных лесов	21	17	6	8,5	57	32	11,2	0,5	31	44	53	72	79
6	Прибалтийско-Полесская	3,1	19	3	1,7	22	24	9,6	0,4	78	85	92	96	97
7	Центральная	12	16	4	4,2	42	29	11,4	0,5	42	60	72	82	88
8	Брянско-Украинское Полесье	2,7	17	2	1,1	27	24	9,7	0,5	82	91	95	96	97
9	Западная лесостепь	1,6	17	2	0,7	16	27	11,4	0,6	86	94	96	97	98
10	Центральная лесостепь	4,6	15	2	1,8	31	24	10,0	0,4	64	81	87	94	95
11	Приволжская лесостепь	5,7	22	4	3,0	32	31	12,1	0,6	60	81	92	93	94
12	Заволжская лесостепь	7,1	17	3	2,9	39	29	11,6	0,4	49	63	70	85	93
13	Южное Предуралье	12	15	4	4,4	41	36	13,3	0,6	33	50	59	75	88
14	Приволжская и Заволжская степь	3,6	18	2	2,3	43	23	8,2	0,4	60	78	86	94	96
15	Среднее Зауралье	21	17	5	8,4	71	33	10,6	0,6	30	35	41	66	79
16	Южное Зауралье	25	16	6	9,6	60	36	12,7	0,6	21	35	67	68	75
17	Зауральская	20	21	6	10,1	68	36	11,5	0,6	19	32	45	65	80
18	Средняя Иртыш-Обская	18	13	5	6,1	54	28	9,7	0,5	12	32	48	75	82
16	Кетско-Чулымская	23	17	6	10,0	66	33	10,7	0,6	33	42	53	71	77
20	Чуно-Ангарская	29	20	6	13,3	86	31	9,9	0,6	16	23	33	53	71
21	Саянская	15	21	5	8,2	72	26	7,0	0,5	29	37	43	81	85
22	Вилуйско-Алданская	28	13	6	9,0	63	22	7,0	0,4	11	19	23	50	72
23	Селенгинско-Аргуньская	28	14	5	8,9	81	27	9,0	0,5	18	34	44	68	72
24	Амуро-Зейская	23	10	4	4,9	60	26	10,9	0,4	17	54	60	75	77
25	Тоболо-Ишимская	10	15	3	3,5	48	24	9,5	0,4	45	54	62	85	90
26	Иртыш-Обская	8,2	14	3	2,5	36	31	9,4	0,5	38	52	66	91	92
27	Казахская	12	14	3	3,9	60	24	10,0	0,4	46	48	56	85	88
28	Западно-Алтайская	16	11	3	3,6	35	30	11,2	0,5	41	66	75	81	84

Таблица 2

Повид со ны	Экотип	Сохранность, %	Число семян на одной площадке, шт.		Число семян на 1 га, тыс. шт.	Процент за-се-ляе-мых площа-док	Средняя вы-сота, см	Теку-щий прирост в вы-соту в 1964 г., см	Сред-ний ди-аметр у шейки, см	Отпад. % от числа всходов				
			1959 г.	1964 г.						1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.
Лапландская	Западный	39	20	9	19,5	84	40	13,8	0,7	15	28	32	43	61
"	Восточный	18	9	3	4,0	50	20	6,5	0,4	5,8	12	16	54	82
"	Среднее	36	17	8	15,6	76	35	12,0	0,6	14	26	30	44	64
Лесная	Северо-западный	33	16	7	12,4	69	32	12,4	0,5	26	37	46	58	67
"	Центрально-русский	17	16	5	6,7	51	31	11,1	0,5	38	52	59	77	83
"	Белорусский	3,8	19	3	1,7	22	24	9,6	0,4	73	84	91	95	96
"	Полесский	1,7	17	2	0,7	16	24	9,8	0,4	88	93	95	97	98
"	Юго-западный	1,9	16	2	0,8	20	25	10,0	0,5	84	93	96	97	98
"	Южнорусский	4,7	15	2	1,8	32	25	10,0	0,5	62	82	89	94	95
"	Башкирско-Татарский	9,0	16	4	3,5	39	32	12,0	0,5	43	58	66	81	91
"	Островных боров южных степ-ных районов	5,7	18	2	2,4	42	23	8	0,4	60	78	86	93	94
"	Среднее	11,8	16	5	4,7	39	30	10,8	0,5	53	66	73	84	88
Сибирская	Уральский	20	15	5	7,1	62	32	11,0	0,5	30	41	56	74	80
"	Обский	17,3	18	5	7,6	60	30	10,0	0,5	25	36	45	75	83
"	Енисейский	31,0	17	6	13,4	85	29	9,0	0,5	6,7	14	25	53	69
"	Ленский	34	17	8	14,0	76	24	7,5	0,4	14	22	27	49	66
"	Алтайский	12	13	3	3,5	32	32	11,0	0,5	36	54	68	87	88
"	Среднее	20	16	5	7,8	62	31	9,9	0,5	24	34	45	69	80
Степная	Кулундинский	12	14	3	3,8	54	24	9,0	0,4	48	55	64	87	88
"	Амурский	26	12	4	6,9	71	26	10,0	0,4	17	42	50	71	74
"	Среднее	15	13	3	4,8	60	25	9,4	0,4	39	51	60	83	85

Таблица 3

Природная зона	Сохранность, %	Процент за- селенных площадок	Число сеянцев на одной пло- щадке, шт.		Число сеянцев на 1 га, тыс. шт.	Число погиб- ших от фаши- диоза и зара- женных им се- янцев, % от общего коли- чества сеянцев	Средняя вы- сота, см	Прирост за 1964 г., см	Средний диа- метр у шей- ки корня, см
			в 1959 г.	в 1964 г.					
Северотаежная	41	82	20	10	19,9	23,5	40	13,6	0,7
Европейская тайга	29	70	16	6	12,0	33,7	35	12,3	0,6
Азиатская тайга	21	68	18	5	8,8	35,7	26	9,7	0,5
Смешанные леса	8	34	17	4	3,0	44,0	29	11,1	0,5
Лесостепь	4	27	15	2	1,9	50,0	25	10,0	0,5
Степь	7	46	12	3	3,2	58,2	23	8,5	0,4

Ишимской, Казахской подпровинций наполовину меньше, чем у культур из Северотаежной области.

Значительный отпад сеянцев от числа всходов в первые годы был у культур из Прибалтийско-Полесской области, Брянско-Украинского Полесья, Западной лесостепи. В последующие годы отпад усилился также у культур из Центральной лесостепи, Приволжской лесостепи, Заволжской лесостепи, Приволжской и Заволжской степи, Тоболо-Ишимской, Иртыш-Обской подпровинций. Самый меньший отпад сеянцев наблюдается у культур из Среднетаежной и Северотаежной областей (рис. 2).

Характеризуя культуры сосны различного происхождения по природным зонам, необходимо отметить, что лучший рост и наибольшая сохранность их наблюдается у культур из европейской и азиатской тайги. Наиболее интенсивен отпад от числа всходов за шестилетний период у культур из лесостепи, степи, зоны смешанных лесов (рис. 3).

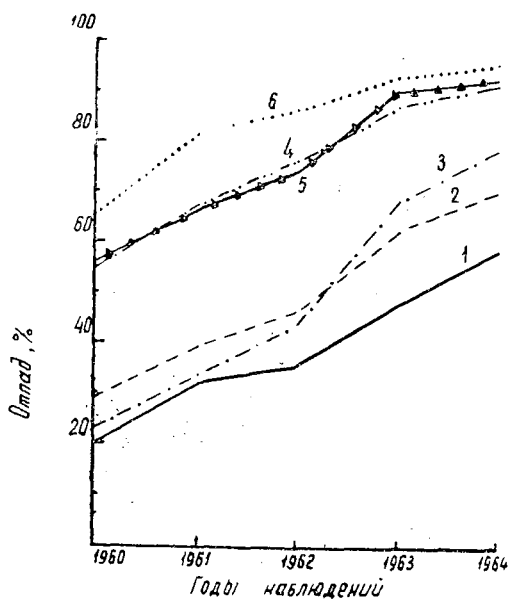


Рис. 3 Отпад деревьев (% от числа всходов) в 6-летних культурах сосны в зависимости от происхождения семян по природным зонам.

1 — местные; 2 — европейская тайга; 3 — азиатская тайга; 4 — зона смешанных лесов; 5 — степь; 6 — лесостепь.

Различия в климатической характеристике, продолжительности вегетационного периода, фотопериода обусловили значительный отпад сеянцев из лесостепи, степи, зоны смешанных лесов. Культуры кавказского происхождения (Грузинская ССР) полностью погибли в пятилетнем возрасте.

Ослабленные поздневесенними и раннеосенними заморозками сеянцы южного происхождения сильнее подвергаются заражению фацидиозом, вызываемым грибом *Facidium infestans* Karst. Число сеянцев сосны, погибших от фацидиоза и зараженных им, при учетах в 1964 г. составило более половины общего числа сеянцев у культур степного и лесостепного происхождения.

Рассмотрим успешность роста и развития культур сосны, их сохранность по подвидам и климатипам, выделенным Л. Ф. Правдиным [6]. Наилучшие показатели по сохранности сеянцев, числу сеянцев на одной площадке и на 1 га, проценту заселенных площадок дала сосна лапландская, в особенности западный климатип. У сосны лесной эти показатели значительно ниже, особенно у белорусского, полесского, юго-западного, южнорусского климатипов.

Сохранность сеянцев сосны сибирской, процент заселенных площадок в условиях Архангельской области вполне удовлетворительны. Такие показатели у енисейского и ленского климатипов приближаются к показателям западного климатипа сосны лапландской. Сохранность сеянцев, процент заселенных площадок у сосны степной вдвое меньше, чем у лапландской.

По росту в высоту и по диаметру первое место занимает сосна лапландская, затем сосны сибирская, лесная и степная.

Значительный отпад сеянцев в шестилетнем возрасте наблюдается у культур сосны лесной и степной, меньше у сибирской.

Наши данные еще раз подтверждают выводы многих авторов о том, что сосна обыкновенная на территории своего обширного ареала имеет ряд климатипов.

Таким образом, по данным исследований шестилетних культур можно считать допустимым в условиях Архангельской области использование семян сосны из таежной зоны Европейской части страны, а также из Зауральской, Кетско-Чулымской, Чуно-Ангарской, Саянской подпровинций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Войчалъ. Географические культуры сосны в Архангельской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1961. [2]. П. И. Войчалъ. Использование инорайонных семян сосны на Европейском Севере. Сб. «Некоторые вопросы развития лесного хозяйства таежной зоны», Северо-Западное книжное изд-во, 1964. [3]. Г. В. Крылов. Леса Сибири и Дальнего Востока, их лесорастительное районирование. Гослесбумиздат, 1960. [4]. В. М. Обновленский. Географическая изменчивость древесных пород и ее использование при селекционных работах и в лесном семеноводстве. Труды Института леса, т. 8, изд. АН СССР, 1951. [5]. В. Я. Попов, П. И. Войчалъ. О росте сосновых культур из иркутских семян на юге Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1964. [6]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. Изд. «Наука», М., 1964.

Поступила в редакцию
13 января 1965 г.

УДК 631.531.17 : 634.0.181.525 : 674.031.632.229.264.2

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛУДЕЙ ДУБА РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ФОРМ НА СОСТОЯНИЕ СЕЯНЦЕВ

Е. И. ЕНЬКОВА

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю. П. ЕФИМОВ

Аспирант

(Воронежский лесотехнический институт)

Эффективность создания насаждений дуба посевом на лесокультурной площади, а также выращивания высококачественного посадочного материала в питомниках может быть повышена путем применения различных методов предпосевной подготовки желудей. Как показали исследования В. И. Некрасова [1], хорошие результаты дает обработка желудей пониженными температурами. Она приводит к более раннему и дружному появлению всходов и благоприятно влияет на рост сеянцев в первые годы.

Однако для имеющихся опытов были использованы желуди масовых сборов, без учета условий местопроизрастания материнских насаждений и фенологических форм дуба, что может привести к значительным погрешностям.

Мы изучали влияние обработки желудей ранней и поздней форм различного физиологического состояния (наклюнувшиеся и ненаклюнувшиеся) пониженными и повышенными температурами на всхожесть и рост однолетних сеянцев дуба.

Для опыта использовали желуди, собранные в Шиповском лесном массиве. Наклюнувшиеся желуди в смеси с влажным песком помещали в холодильники, где были получены температуры -3 — -4° (с колебаниями в 1°), -2° , $+2^{\circ}$, $+5^{\circ}$ С. Воздействие нулевой температурой достигалось помещением желудей под слой снега толщиной 70—80 см. Ненаклюнувшиеся желуди выдерживали сухими при тех же температурах, что и наклюнувшиеся. Длительность температурного воздействия составляла 60 (I опыт) и 10 дн. (II опыт).

Для обработки повышенными температурами наклюнувшиеся желуди выдерживали в сушильном шкафу при температуре $+40^{\circ}$ в течение 1, 2 и 3 дн. Общим контролем служили ненаклюнувшиеся желуди, хранившиеся при температуре 0° .

Посев производили 15—18 мая 1964 г. в питомнике Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВЛТИ. Почва — серая лесная тяжелосуглинистая. В дальнейшем вели наблюдения за появлением всходов и ростом сеянцев. Приводим результаты опыта.

Всхожесть желудей. Данные учета появления всходов показывают несомненную зависимость сроков и интенсивности их появления от режима температурного воздействия, физиологического состояния и фенологической формы желудей.

Ранняя форма. Обработка наклюнувшихся желудей пониженными температурами в течение 60 дн. приближает сроки появления всходов на 1—5 дн. по сравнению с контролем. При этом повышение температуры от -2° до $+5^{\circ}$ соответственно ускоряет процесс прорастания. Сокращается и продолжительность появления всходов на 10—14 дн. (рис. 1).

Разница в грунтовой всхожести (процент взошедших от общего числа посеянных) у исследуемых вариантов незначительна. Наблюдается некоторая тенденция увеличения ее от 0° к $+5^{\circ}$.

Применение в течение 10 дн. температуры -2° ускоряет прорастание на 2 дня, повышает его интенсивность и сокращает продолжительность появления всходов на 13 дн. Более низкая температура (-3 — -4°) задерживает этот процесс на 1 день и сильно снижает грунтовую всхожесть (до 39%).

Выдерживание ненаклюнувшихся желудей сухими в камерах холода в течение 60 дн. приводит к более позднему появлению всходов (на 2—11 дн. позднее контрольных) и низкой его интенсивности (рис. 1). Период появления всходов у них затянулся до сентября. Здесь имела место большая потеря влаги желудями, отрицательно повлиявшая на их посевные качества.

Воздействие температурами -2° , $+2^{\circ}$ и $+5^{\circ}$ на ненаклюнувшиеся желуди не показало ясно выраженной разницы в их посевных качествах, заметно наблюдавшейся при воздействии на наклюнувшиеся желуди. Таким образом, наши данные подтверждают вывод Л. Ф. Правдина и В. Д. Филимоновой [2] о том, что ненаклюнувшиеся желуди с пониженной влажностью в меньшей степени подвержены влиянию низких температур.

Следует отметить более раннее (на 9 дн.) появление всходов из желудей, подвергавшихся воздействию температуры $+2^{\circ}$, по сравнению с двумя остальными вариантами. По-видимому, решающее значение здесь имела различная степень потери влаги желудями. При температуре -2° и $+5^{\circ}$ она более интенсивна, чем при $+2^{\circ}$.

Воздействие на наклюнувшиеся желуди повышенными температурами ($+40^{\circ}$) неблагоприятно сказывается на их всхожести, причем это отрицательное влияние резко усиливается с увеличением срока воздействия с одного до трех дней. Сроки появления всходов отодвигаются соответственно на 2—13 дн., и очень резко падает грунтовая всхожесть (до 5%).

Поздняя форма. Прежде всего следует отметить более позднее (на 2—4 дня) появление всходов по сравнению с соответствующими вариантами ранней формы. Очевидно, причина этого заключается в разной потребности количества тепла для прорастания желудей указанных форм.

Обработка наклюнувшихся желудей пониженными температурами в течение 60 дн. оказывает то же воздействие, что и на желуди ранней формы, только здесь ярче выражено благоприятное влияние температуры $+5^{\circ}$ (рис. 1). Появление всходов в этом варианте приближается на 5 дн. по сравнению с контролем. На 19 дн. уменьшается продолжительность прорастания семян. У вариантов с температурами -2° , 0° и $+2^{\circ}$ всходы появляются раньше контроля на 2—3 дня, этот процесс сокращается соответственно на 2, 9 и 12 дн.

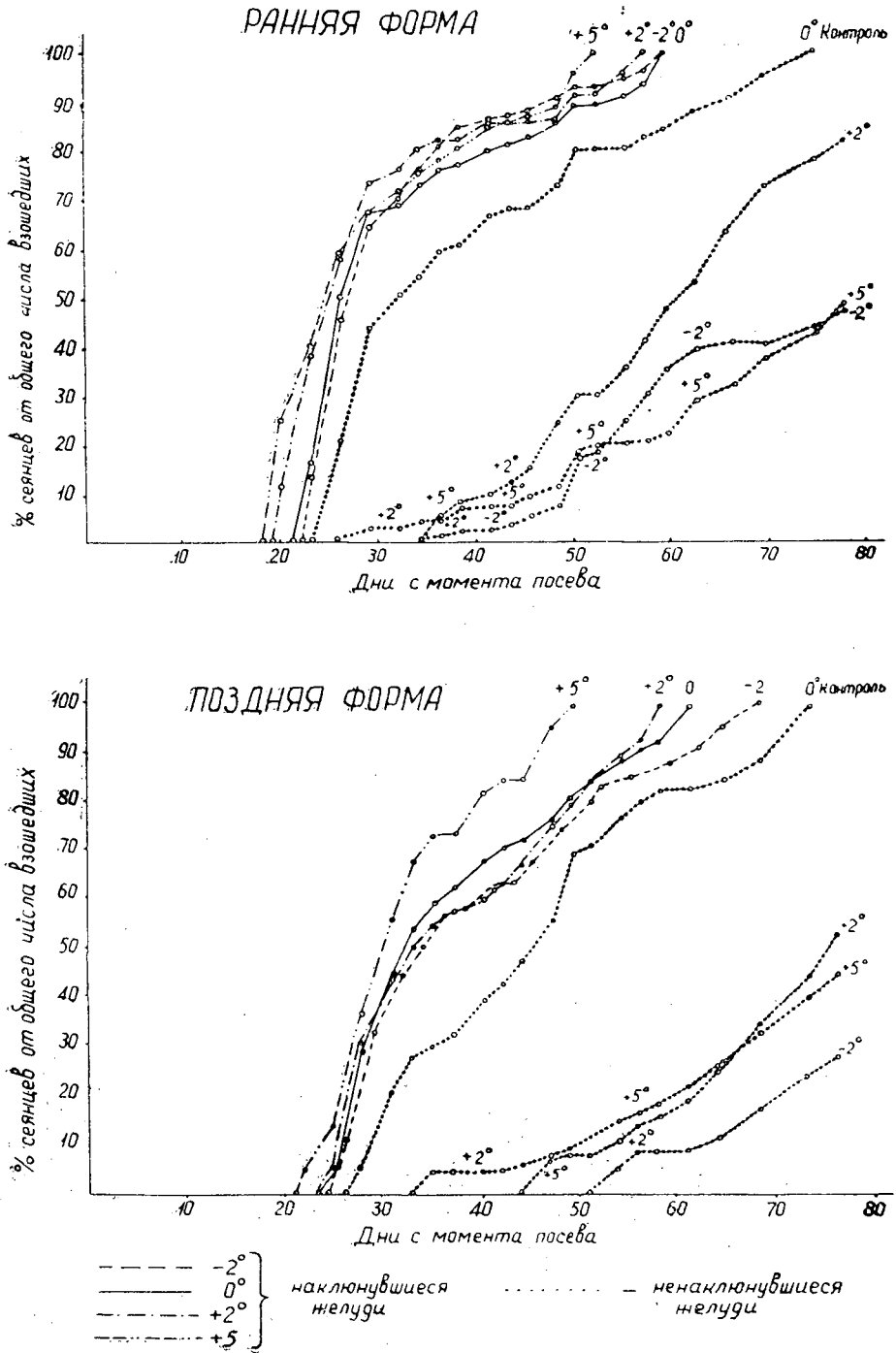


Рис. 1. Динамика появления всходов дуба при 60-дневной обработке желудей ранней и поздней формы пониженными температурами.

Воздействие на наклонувшиеся желуди более низкой температурой (-3 — -4°) в течение 10 дн. ускоряет прорастание на один день по сравнению с контролем и не снижает грунтовой всхожести, что наблюдается у ранней формы.

Появление всходов из ненаклонувшихся желудей отодвигается по сравнению с контрольным вариантом на 7—25 дн. Интенсивность появления всходов здесь также ниже, чем у подобных вариантов ранней формы. Заметно снижается грунтовая всхожесть. По-видимому, желуди поздней формы хуже переносят потерю влаги. При температуре $+2^{\circ}$ здесь так же, как и у ранней формы, наблюдается более раннее появление всходов (на 11—18 дн.) и более высокая всхожесть (на 19—22%) по сравнению с температурами -2° и $+5^{\circ}$. Желуди, подвергавшиеся воздействию высокой температуры ($+40^{\circ}$), не взошли.

Рост однолетних сеянцев. Рост сеянцев в первый год жизни зависит от тех же факторов, что и всхожесть желудей (табл. 1).

Ранняя форма. Сеянцы из наклонувшихся желудей в I опыте превосходят в росте контрольные. Причина этого не только в более раннем появлении всходов и удлинении периода вегетации, но и в повышенной энергии роста сеянцев. Последняя зависит от величины температуры, применяемой при обработке наклонувшихся желудей. Так, в варианте с температурой $+5^{\circ}$ всходы появились раньше остальных опытных, однако сеянцы здесь отстают в росте почти по всем показателям.

Наиболее заметными преимуществами в росте отличаются сеянцы варианта с температурой $+2^{\circ}$. Они имеют наибольшие высоту, длину главного корня, площадь листовой поверхности, воздушно-сухой вес и побегопроизводительную способность.

Вес корней у всех вариантов равен примерно половине общего веса сеянцев. При этом следует отметить, что применение более низких температур (0° и 2°) способствовало большему накоплению веса корней по отношению к общему весу сеянцев.

Опытные варианты имеют больший процент сеянцев с прямым стволиком по сравнению с контролем, за исключением варианта с температурой $+5^{\circ}$.

Выдерживание наклонувшихся желудей в течение 10 дн. при температуре -2° также приводит к увеличению показателей роста сеянцев и особенно их воздушно-сухого веса, а применение более низких температур (-3 — -4°) не дает преимуществ перед контролем и даже снижает побегопроизводительную способность. Кроме того, температура ниже -2° приводит к образованию двух-трех стволиков из одного желудя. Количество таких сеянцев составляет 25—30%. Подобное явление отмечено Л. Ф. Правдиным и В. Д. Филимоновой [2] при воздействии на наклонувшиеся желуди температурой -5° . Они объясняют это частичным отмиранием почечной меристемы (стеблевой) и формированием стебля из придаточных почек.

Дубки, выращенные из ненаклонувшихся желудей, сильно отстают в росте от контрольных. Вес сеянцев этих вариантов составляет 56—36% веса контрольных, количество листьев и площадь листовой поверхности соответственно вдвое меньше, корневая система развита очень слабо: ее вес в 2—3 раза меньше. Это связано в значительной мере с более поздним появлением всходов из потерявших влагу желудей, ввиду чего сократился период вегетации. Здесь также наблюдается образование двух-трех стволиков из одного желудя у 20—25% сеянцев.

Воздействие на наклонувшиеся желуди температурой $+40^{\circ}$ более одного дня приводит к заметному уменьшению роста сеянцев, слабому

Таблица 1

температура, °С	Условия обработки			Средние размеры семян				Воздушно-сухой вес				Процент семян	
	продолжительность, дн.	физиологическое состояние	высота створки, см	диаметр корневой шейки, мм	длина главного корня, см	количество листьев на одном семени	площадь листовой поверхности, см ²	обилие		корня		со вторым приростом	с третьим приростом
								Г	% к контролю	Г	% к общему весу		
Ранняя форма													
I опыт													
-2	60	Н	19,9	4,2	38,2	23	112	4,62	118,9	2,39	51,8	88	16
0	—	"	19,1	3,8	37,6	19	131	4,34	111,6	2,25	51,8	80	18
+2	60	"	22,4	3,8	41,3	21	150	5,06	130,0	2,41	47,7	89	33
+5	"	"	18,7	3,6	35,5	18	127	4,43	114,0	2,13	48,1	88	26
Контроль	"	С	17,4	3,4	38,4	18	112	3,89	100,0	2,04	52,4	69	12
-2	60	"	11,0	2,6	28,5	12	55	1,40	36,0	0,64	45,7	43	1
+2	"	"	13,3	2,9	29,9	9	81	2,19	56,3	1,11	50,7	50	1
+5	"	"	10,4	2,6	22,5	9	70	1,62	41,7	0,63	38,9	13	—
II опыт													
-3-4	10	Н	16,5	3,4	31,0	18	109	3,70	101,0	1,86	50,2	69	9
-2	"	"	20,8	3,9	35,1	17	145	4,91	134,0	2,39	48,7	88	28
Контроль	"	С	16,8	3,2	31,8	20	116	3,66	100,0	1,73	47,3	75	10
+40	1	Н	18,1	3,4	28,1	19	89	3,49	95,3	1,49	42,7	78	28
+40	2	"	13,4	2,9	30,0	16	85	2,80	76,5	1,33	47,5	81	24
+40	3	"	8,8	2,6	25,8	6	23	1,31	35,9	0,81	61,8	—	—
Поздняя форма													
I опыт													
-2	60	Н	22,2	4,1	44,4	20	122	5,53	144,6	2,77	50,2	76	5
0	—	"	23,8	3,1	41,8	22	118	4,68	122,2	2,25	48,1	79	8
+2	66	"	23,6	3,5	39,3	17	109	4,56	118,9	2,31	50,8	75	11
+5	"	"	24,3	3,6	35,1	19	113	4,31	112,6	2,19	45,1	85	21
Контроль	"	С	18,3	3,2	38,4	23	96	3,83	100,0	1,83	47,5	67	6
-2	60	"	12,1	2,9	33,4	8	66	2,06	53,8	1,21	58,7	9	—
+2	"	"	16,6	2,4	24,3	10	57	1,70	44,4	0,65	38,3	16	—
+5	"	"	14,1	2,4	25,4	11	59	1,53	40,0	0,59	38,6	29	—
II опыт													
-3-4	10	Н	18,5	3,6	42,0	18	107	4,11	121,3	2,14	52,2	80	8
Контроль	"	С	16,2	3,2	34,1	16	99	3,30	100,0	1,55	50,3	55	2

Примечание. 1) В варианте с температурой +40° (3 дн.) средний вес и длину главного корня определяли по одному модельному семени; 2) средний вес желудей в I опыте: ранних —3,4 г, поздних —4,8 г; II опыте: ранних —3,3 г, поздних —3,9 г.

развитию корневой системы и снижению интенсивности накопления органического вещества. Увеличение продолжительности воздействия усиливает неблагоприятное влияние высокой температуры.

Поздняя форма. Сеянцы из желудей поздней формы несколько крупнее, чем ранней. Предполагаем, что это объясняется большим весом желудей.

Опытные варианты при 60-дневном температурном воздействии (наклюнувшиеся желуди) превосходят контрольные как по размерам сеянцев, так и в накоплении ими сухого вещества. Между самими опытными вариантами заметно снижение длины главного корня и общего веса сеянцев с увеличением температуры от -2° до $+5^{\circ}$. Наибольшей интенсивностью накопления органического вещества (145% к контролю), наибольшим диаметром, длиной главного корня и площадью листовой поверхности отличаются сеянцы варианта с температурой -2° . По большинству показателей наименее благоприятным оказалось применение температуры $+5^{\circ}$.

Побегопроизводительная способность сеянцев из желудей поздней формы в общем ниже, чем из желудей ранней. Наибольший процент дубков со вторым и третьим приростами дают желуди, выдержанные при температуре $+5^{\circ}$; однако у них отмечена худшая форма стволиков.

Воздействие на наклюнувшиеся желуди температурой $-3-4^{\circ}$ в течение 10 дн. дает более заметное преимущество в росте сеянцев по сравнению с контролем, чем это имело место у ранней формы. Как видно, применение более низких температур ($-2-4^{\circ}$) оказывает на желуди поздней формы более благоприятное воздействие, чем на желуди ранней. Возможно, это связано с биологией фенологических форм.

Сеянцы, выращенные из неакнувших желудей, также сильно отстают в своем росте от контрольных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. И. Некрасов. Предпосевная обработка семян лесных древесных пород пониженными температурами. Изд. АН СССР, М., 1960. [2]. Л. Ф. Правдин, В. Д. Филимонова. Влияние низких температур на жизнеспособность желудей. Доклады АН СССР, Новая серия, т. LXXXV, № 4, 1952.

Поступила в редакцию
19 июня 1965 г.

УДК 634.0.114.12 : 634.0.221.02

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОСТЕПЕННЫХ РУБОК

Г. Б. ПАУЛЮКЕВИЧУС

Аспирант

(Лаборатория лесоведения при Госплане СССР)

Мы изучали водный режим насаждений после первого приема постепенной рубки. Рубки* проводили в 1957 г., выбирали 25, 35, 48% от первоначального запаса. На одном участке удален весь лиственный ярус, а на другом в 1962 г. проведена сплошная рубка. Площадь лесосек — 1 га; трелевка древесины — конная. Первоначальный состав древостоев первого яруса 1—2Е, 2—3Б, 6—7Ос; второго — 10Е; возраст до рубки — 47 лет.

Почва под исследуемыми древостоями дерново-среднеподзоленая глееватая супесь на скелетном карбонатном суглинке (82 см). Почвообразующей породой является средний суглинок, содержащий 5—7% илистых фракций. Горизонты А₁А₂ и А₂В обеднены илистой фракцией (<1%). Только в горизонте В₁Д ее содержание составляет 18—24%. Горизонт А₁А₂ наиболее богат мелким (0,25—0,05 мм) и крупным песком (1,00—0,25 мм).

Водно-физические свойства почвы определяли по общепринятой методике. Летние осадки измеряли осадкомерами Третьякова. Мощность снежного покрова находили при помощи постоянных снегомерных реек, а плотность — снегомером Любославского. Колебания зеркала грунтовых вод наблюдали по смотровым колодцам. Влажность почвы вычисляли термовесовым методом два раза в месяц в летний период. Испарение с поверхности почвы и травяным покровом определяли испарителями с площадью сечения 500 см² (взвешиванием в 7 часов утра и вечера ежедневно). Транспирацию древостоями находили по уравнению водного баланса. Отток грунтовых вод определяли по методу А. А. Роде [3]. Данные наблюдений подвергали корреляционному анализу по методике А. М. Дина [1] и Я. И. Лукомского [2]. Достоверность зависимостей проверяли по критерию надежности коэффициента корреляций $\frac{R}{\sigma_{OR}} \geq 2,6$ при гарантийной вероятности 0,99.

Наблюдения за осадками и грунтовыми водами проводят с 1957 г., а за влажностью почвы и испарением — в течение двух вегетационных периодов (1962, 1963 гг.).

* Постепенную рубку проводили под руководством канд. сельскохозяйственных наук Л. А. Кайрюкшиса.

Водно-физические свойства почвы

Улучшение притока тепла и света после постепенной рубки вызывает повышение интенсивности разложения подстилки, вследствие чего происходит обогащение верхних слоев почвы гумусом. Это, в свою очередь, способствует улучшению водно-физических свойств почвы (табл. 1). Наоборот, удаление всего листового яруса и сплошная рубка приводят к ухудшению водно-физических свойств почвы. Это объясняется постоянным переувлажнением почвы и резким уменьшением (или полным отсутствием) лесного опада, что сказывается на биологической активности почвы.

Постепенная рубка способствует расширению диапазона «активной влаги» и тем самым улучшению снабжения древостоев влагой в засушливые периоды (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность рубки	Запас влаги, соответствующий ВЗ, мм	Запас влаги, соответствующий НВ, мм	Наибольший запас доступной влаги при влажности, равной НВ, мм	Запас влаги, соответствующий ПВ, мм	Запас влаги легкодоступной, переходящей в избыточную, мм
Контроль	79,5	294,2	206,6	472,6	178,4
48%	74,1	305,4	231,3	490,4	185,0
70—75%	83,7	295,7	202,0	437,4	141,7

* Примечание. Данные для верхнего слоя почвы (до глубины 1 м).

Повышение по сравнению с контролем величины ПВ после постепенной рубки интенсивностью 48% показывает, что на этом участке почва не заболачивается. Наоборот, уменьшение ПВ на участке, где удален листовый ярус, вызывает заболачивание.

Осадки

В климатических условиях Литвы, характеризующейся переходным от морского к континентальному климатом, количество осадков в течение вегетационного периода может как усиливать, так и затруднять рост еловых древостоев. Однако в среднем в ельнике-черничнике между ростом ели в высоту z_h и количеством осадков P наблюдается прямолинейная зависимость

$$z_h = 5,05 + 0,09P \pm 2,85;$$

$$r_{zP} \doteq 0,514; \quad \frac{|r|}{\sigma_r} = 3 > 2,6.$$

Таким образом, увеличение проникновения осадков под пологом древостоев после постепенной рубки в большинстве случаев сказывается положительно. В среднем после постепенной рубки интенсивностью 48% проникает от 80 до 93, после 35% — от 77 до 90, после 25% — от 70 до 88% осадков, в то время, как на контрольном участке диапазон проникновения летних осадков составляет 67—86% от количества осадков, выпавших на открытом месте.

В целом между процентом количества осадков P , проникающих под полог древостоя, и процентом вырубki i существует прямая прямолинейная зависимость

$$P = 0,23i + 74,6 \pm 5,6.$$

Таблица 1

Интенсивность рубки	Горизонт и его мощность, см	Удельный вес, г/см ³	Объемный вес, т/с.м ³	Влажность, %			Почвенно-гидрологические константы							
				общая	капиллярная	некапиллярная	% от веса почвы			% от объема почвы				
							МГ	ВЗ	НВ	ПВ	МГ	ВЗ	НВ	ПВ
Контроль	A ₀ 0-13	1,70	0,11	91,0	66,5	28,5	35,01	45,53	102,3	680,8	4,20	5,46	12,3	74,8
	A ₁ A ₂ 13-18	2,62	1,05	63,0	52,8	10,2	6,26	8,13	31,4	56,8	6,56	8,53	33,0	59,6
	A ₂ B ₁ 18-27	2,59	1,12	56,8	50,1	6,7	3,25	4,22	26,1	48,4	3,63	4,72	29,2	54,3
	B ₂ 27-38	2,72	1,45	46,7	37,9	8,8	4,36	5,66	22,5	30,5	5,88	7,64	30,4	43,3
	B ₃ 38-58	2,75	1,51	48,8	40,5	8,3	3,40	4,42	24,5	30,3	4,45	5,81	32,1	45,6
48%	A ₀ 0-8	1,78	0,15	91,2	69,7	21,5	30,25	39,32	91,7	506,2	4,53	5,89	13,7	70,9
	A ₁ A ₂ 8-17	2,56	0,79	69,8	51,2	15,6	6,65	8,64	39,4	78,6	5,25	6,82	31,1	62,1
	A ₂ B ₁ 17-28	2,55	0,95	63,1	50,0	13,1	3,51	4,56	32,4	62,7	3,33	4,33	29,7	59,6
	B ₂ 28-39	2,71	1,35	49,8	37,0	12,7	4,47	5,81	25,4	35,1	5,58	7,26	31,7	47,4
	B ₃ 39-56	2,74	1,42	52,8	46,2	9,3	3,37	4,38	26,7	34,8	4,11	5,34	32,5	49,4
Удаление лиственного яруса (70-75%)	A ₀ 0-4	1,86	0,14	92,6	75,8	16,8	28,6	37,18	89,6	507,8	4,0	5,20	12,5	70,8
	A ₁ A ₂ 4-10	2,60	1,15	55,8	50,9	4,9	7,78	10,1	27,6	43,2	8,98	11,6	31,7	50,7
	A ₂ 10-18	2,64	1,25	51,7	48,3	3,4	6,64	7,63	25,5	38,2	8,30	10,78	12,8	47,8
	A ₂ B ₁ 18-30	2,63	1,33	49,3	46,2	3,1	3,20	4,16	22,4	34,5	4,25	5,53	29,7	45,9
	B ₂ 30-40	2,72	1,53	42,8	38,3	4,5	4,28	5,56	18,9	26,5	6,12	7,95	27,0	40,8
B ₃ 40-60	2,78	1,52	45,4	39,1	6,3	3,40	4,42	21,6	28,3	4,48	5,79	28,5	43,1	

Примечание. МГ — максимальная гигроскопичность; ВЗ — влажность завядания; НВ — наименьшая влагоспособность; ПВ — полная влагоспособность. Наблюдения проводили в 1963 г.

Коэффициент парной корреляции $r_{\rho i} = 0,81$. Зависимость достоверна, поскольку отношение $\frac{|r|}{\sigma_r} = 13,3 > 2,6$.

Наблюдения показали, что в зимы с устойчивым снежным покровом в насаждениях постепенной рубки устанавливается более мощный и плотный снежный покров, чем в нерубленных древостоях (табл. 3).

Таблица 3

Интенсивность рубки	Мощность, мм	Плотность, г/см ³	Запасы воды в снеге, мм
Контроль	29,0	0,253	73,4
35%	30,9	0,272	84,3
48%	32,0	0,285	91,2
Сплошная вырубка	46,9	0,304	142,8

Процесс снеготаяния на участках постепенной рубки происходит интенсивнее и заканчивается в среднем на 6—10 дней раньше, чем на контрольном. В зимы с частыми оттепелями эти закономерности нарушаются.

Режим почвенно-грунтовых вод

По мнению К. Рубнера [5], в северных широтах на грунтовые воды действует кислый гумус, и влияние глубины залегания этих вод на рост насаждений в большинстве случаев неблагоприятно. Наши наблюдения подтверждают этот вывод, поскольку глубиной залегания грунтовых вод G (см) и приростом ели в высоту (см) наблюдается зависимость.

$$z_h = 3,93 + 0,03G \pm 2,8$$

и

$$r_{zG} = 0,503; \quad \frac{|r|}{\sigma_z} = 2,9 > 2,6.$$

В Литве глубина залегания грунтовых вод G в типе леса ельник-черничник в основном обусловлена гидроклиматическими показателями. В частности, средней температурой воздуха T и количеством осадков P за наблюдаемый период

$$G = 0,17P^2 + 9,65P - 1,35T^2 + 49,75T - 304,25.$$

Параболический коэффициент регрессии равняется 0,642. Кроме климатических факторов, депрессивное действие на грунтовые воды оказывает древостой. Между самой низкой глубиной залегания грунтовых вод G_{max} в отдельные летние периоды и процентом вырубki i наблюдается квадратическая зависимость

$$G_{max} = 270,25 + 1,34i - 0,03i^2.$$

Параболический коэффициент $\eta_{G/i} = 0,86$. Средняя квадратическая ошибка коэффициента регрессии $\sigma_\eta = 0,11$. Таким образом, найденная зависимость в форме параболы второй степени достоверна, поскольку отношение $\frac{|\eta|}{\sigma_\eta} = 7,8 > 2,6$.

С поправкой на систематическую ошибку σ_T по формуле параболы можно производить оценку G для любого i .

$$\sigma_T = 24,55; \quad G = G_i \pm 24,55.$$

Влажность почвы

Летом 1962 г. почва на всех участках находилась в состоянии избыточного увлажнения, в то время, как в 1963 г. минимальные запасы влаги в верхнем слое почвы мощностью 50 см на контрольном участке были меньше 2 ВЗ.

Запасы влаги W в верхнем слое почвы толщиной 1 м в нашем случае находятся в зависимости от процента вырубki i , суммарного испарения E и количества осадков P за наблюдаемый период

$$W = -18,55 + 1,71i + 0,36E + 0,44P. \quad (1)$$

Скорректированный коэффициент множественной корреляции R равен 0,95 и

$$\frac{\hat{R}}{\sigma_R} = 47 > 2,6.$$

В зависимости от интенсивности рубки запасы влаги изменяются так:

$$W = 1,17i + 288i \pm 2,48; \quad (2)$$

$$r_{wi} = 0,732; \quad \frac{|r|}{\sigma_r} = 8,9 > 2,6.$$

Таким образом, с увеличением процента вырубki повышаются запасы влаги в верхнем слое почвы. Уравнения (1) и (2) позволяют дать оценку W для любых i , E и P , что очень важно при установлении интенсивности постепенной рубки, не вызывающей процесса заболачивания.

В нашем случае при любом количестве осадков почва на участках сплошной рубки избыточно увлажнена.

Суммарное испарение и водный баланс

После постепенной рубки испарение с поверхности почвы и травяным покровом увеличивается, что объясняется более интенсивным притоком тепла и более развитым травяным покровом.

Уменьшение площади листвы и хвои в древостоях после постепенной рубки вызывает ослабление транспирации. Но, с другой стороны, улучшение микроклимата в них, как было отмечено ранее [4], благоприятствует усилению транспираций. Однако в среднем между суммарным испарением E и процентом вырубki наблюдается прямолинейная зависимость

$$E = 483,2 - 2,14i \pm 45,6.$$

Коэффициент парной корреляции равен 0,78, а $\frac{|r|}{\sigma_r} = 8,6 > 2,6$.

В табл. 4 приведен водный баланс насаждений, который показывает, что при помощи постепенной рубки можно управлять водным режимом древостоев, а тем самым и приростом их, что не удается при сплошной вырубке и в нерубленых древостоях.

Таблица 4

Интенсивность рубки	Летние осадки, мм	Запас влаги в начале периода наблюдения в слое почвы толщиной 2 м, мм	Запас влаги в конце периода наблюдения, мм	Задержание осадков кронами, мм	Испарение с поверхности почвы травяно-покровом, мм	Транспирация, мм	Суммарное испарение, мм	Отток грунтовых вод, мм	Расходная часть, мм
Контроль	422	685	597	86	61	303	450	60	510
25%	422	689	610	74	72	291	437	64	501
35%	422	711	636	58	82	286	426	71	497
48%	422	731	666	40	98	275	413	74	487
100%	422	785*	753*	—	231*	—	231*	Не определяли	

Примечание. Данные за период с мая по октябрь 1962 и 1963 гг., * — только 1963 г.

Следует отметить, что после постепенной рубки насаждения используют влагу рациональнее, чем нерубленные. Это подтверждает вычисленный эвапорационный коэффициент, то есть отношение суммарного испарения к годичному текущему приросту древесины (102 для контрольного и 90 для участка постепенной рубки интенсивностью 48%).

Дополнительное поступление атмосферных осадков и уменьшение расходной части на участках постепенной рубки не вызывает резкого ослабления прироста древостоев в засушливые периоды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Длин. Математическая статистика в технике. Изд. «Советская наука», 1958. [2] Я. И. Лукомский. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., 1961. [3] А. А. Роде. Почвенная влага. М., 1952. [4] G. Pauliukevicius. Atvejiniai kirtimai keicva mikroklimats. Zurn. «Mūscs gamta» № 2 (192), 1964. [5] K. Rubner. Die pflanzengeographischen Grundeagen des Waldbaues, 1960.

Поступила в редакцию
14 октября 1964 г.

УДК 634.0.181.4 : 674.031 : 674.032.475.442 (634.0.232.33)

ВЛИЯНИЕ ЛИСТВЕННОГО МОЛОДНЯКА НА КУЛЬТУРЫ СОСНЫ, СОЗДАННЫЕ АЭРОСЕВОМ

В. Е. КИЗЕНКОВ

Ассистент

Ф. Б. ОРЛОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Как известно, на Севере возобновление концентрированных вырубок лиственными породами — березой и осиной — протекает в большинстве случаев успешно в первое же десятилетие после рубки насаждения [4], [3], [2]. Однако вопрос о влиянии лиственного молодняка на культуры хвойных, а также о времени рубок ухода (осветление, прочистки) до сих пор разработан слабо.

В настоящей работе описаны результаты наших наблюдений над особенностями роста 12-летних культур сосны на площади аэросева, хорошо возобновившейся лиственными породами естественного происхождения. Участок расположен в квартале 3 Усть-Печенгского лесничества, Тотемского леспромхоза, Вологодской области. Посев семян сосны с самолета проводили 23—27 апреля 1951 г. На 1 га высевали 1,8 кг семян в основном II класса сортности.

Обследование культур сосны проведено в конце августа 1962 г. Для учета 12-летних сосенок равномерно на всей площади культур вдоль всех пяти ходовых линий сигнальчиков закладывали ленты размером 2 × 20 м каждая, с расстоянием между лентами 80 м. Обследуемая площадь составила 0,12% от общей площади аэросева, что соответствует указаниям по аэросеву семян сосны и ели [1].

Наблюдения за влиянием лиственного молодняка на развитие культур сосны проводили на пробных площадях размером 10 × 10 м каждая. Всего было заложено 50 площадок, на которых обследовали хвойный и лиственный молодняк. У 466 сосенок были измерены приросты в высоту по годам, диаметры у шейки корня, диаметры проекций кроны и т. д.

Площадь аэросева (400 га) представлена рубками 1949—1950 гг. Господствующей породой до рубки леса была ель. Рельеф площади ровный. Древесину заготавливали в зимний период. Очистка лесосек — огневая в кучах. На лесосеках семенников не оставляли. К моменту аэросева на 1 га сохранилось до 800 шт. 10-летнего подроста ели предварительного происхождения и до 2000 шт. березы и осины высотой до 0,5 м. При обследовании культур сосны всю площадь аэросева мы разбили на три выдела по бывшим типам леса.

Выдел № 1 площадью 247 га, бывший тип леса ельник-черничник. Почва свежая легкосуглинистая, оподзоленность средняя. В 1962 г. жи-

вой напочвенный покров был представлен в основном вейником наземным — 20%, луговиком извилистым — 10%, иван-чаем — 10% и прочими видами — 10%; из кустарничков: черникой — 30%, брусничкой — 20% (степень покрытия почвы 0,5—0,6); из мхов: кукушкиным льном — 50%, зелеными мхами — 50% (покрытие почвы 0,8).

Выдел № 2 площадью 48 га, тип леса сосняк-черничник. Почва: слабопodzолистая супесчаная. В живом напочвенном покрове господствуют: черника — 50%, брусника — 30%, хвощ лесной — 20%, редко луговик извилистый и иван-чай (степень покрытия почвы 0,6); из мхов: зеленые мхи — 70%, кукушкин лен — 30% (покрытие почвы 0,8—0,9).

Выдел № 3 площадью 73 га, тип леса ельник травяной. Почва: влажная суглинистая. В год обследования живой покров состоял из герани лесной — 30%, хвоща лесного — 30%, осоки — 20%, черники — 20%. Местами встречаются вейник наземный и луговик извилистый. Степень покрытия почвы 0,8—0,9. В моховом покрове — кукушкин лен со степенью покрытия почвы 0,8.

Результаты учета культур сосны, созданных в 1951 г., а также ели и лиственных пород естественного происхождения приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ выдела	Общее количество хвойных и лиственных, тыс. шт. на 1 га	В том числе по породам (тыс. шт.)			
		сосна	ель	береза	осина
1	16,2	3,1	1,7	9,3	2,1
2	18,5	2,8	2,1	8,2	5,4
3	22,5	1,1	1,4	18,7	1,3

На выделах 1 и 2 насчитывали до 350 шт. сомнительного молодняка: сосны на 1 га, а на выделе 3 — до 600 шт. Основная часть его (до 80%) имеет повреждение верхушки вследствие охлестывания лиственными. Из данных табл. 1 видно, что лучший результат аэросева сосны оказался на выделах 1 и 2.

Естественное возобновление на всей площади аэросева протекает успешно, главным образом за счет березы и осины. Доля лиственного молодняка за 12-летний период после посева с самолета резко возросла.

Возраст березы и осины колебался в пределах 6—14 лет. Состояние лиственных пород на всей площади аэросева вполне удовлетворительное. Средняя высота березы 3,2 м (с колебаниями от 2 до 5 м), диаметр у шейки корня 35 мм (с колебаниями от 20 до 45 мм). Средняя высота осины 3,4 м (с колебаниями от 1,5 до 5,5 м), диаметр у шейки корня 40 мм (с колебаниями от 15 до 50 мм).

Последующее возобновление происходит за счет налета семян от оставленных недорубов. Размещение елового подростка на площади участка крайне неравномерно и в большинстве случаев носит куртинный характер. Состояние его удовлетворительное. Средняя высота подростка ели 1—2 м.

Таким образом, к 12-летнему возрасту культур сосны на данной площади аэросева формируются насаждения с явным преобладанием в составе лиственных пород: на первом выделе с составом 2С1Е6Б1О с; на втором выделе — 1С1Е5Б3Ос; на третьем выделе — 1Е8Б1Ос + С.

При изучении состояния сосны в таких насаждениях (наблюдения на 50 пробных площадях) нами отмечено, что с увеличением густоты лиственных пород снижаются ее высота и диаметры (см. табл. 2).

Таблица 2

Сомкнутость крон	Густота молодняка, тыс. шт. на 1 га		Показатели роста сосны, см		
	всего хвойных и лиственных	в том числе сосны	высота	диаметр у шейки корня	диаметр крон
0,3—0,4	До 7,0	2,6	194	3,5	102
0,5—0,6	От 7 до 10	2,9	198	3,2	94
0,7—0,8	" 10 " 15	2,4	179	2,9	81
0,9	" 15 " 20	2,1	164	2,4	76
1,0	Свыше 20	1,7	153	2,2	69

Представляет определенный интерес вопрос о влиянии лиственных пород на рост сосны с возрастом. В этом отношении характерны показатели средних высот сосны, которые приведены на рис. 1.

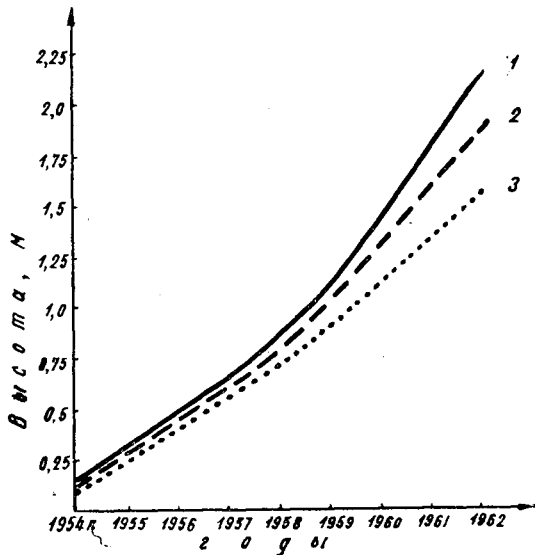


Рис. 1. Рост культур сосны в зависимости от разной густоты молодняка.

1—до 7 тыс. шт. на 1 га; 2—от 10 до 15 тыс.;
3—свыше 20 тыс. шт. на 1 га.

Данные массовых обмеров позволяют сделать вывод, что до 6—7-летнего возраста культуры сосны в высоту росли почти одинаково как в редких, так и в густых молодняках.

Наши многолетние наблюдения за культурами сосны, созданными посевом в 1952 г. в Архангельской области, показали, что незначительная примесь (до 30%) лиственных пород в первые годы жизни культур оказывает на них благотворное влияние, оберегая молодые всходы от неблагоприятных воздействий.

Отрицательного действия (охлестывания и заглушения) лиственные породы не оказывают примерно до 7-летнего возраста культур, поскольку лиственные к этому времени почти не обгоняют в росте сосну.

К 9—10-летнему возрасту культур лиственные породы обгоняют сосну в росте в 1,5—2 раза. В это время они уже отрицательно воздействуют на ее прирост в высоту, особенно в густых насаждениях.

По нашим исследованиям, годичный прирост сосны в высоту за последние 3 года в молодняках с густотой свыше 20 тыс. шт. на 1 га снизился в среднем на 35% по сравнению с приростом в более редких молодняках (до 7 тыс. шт. на 1 га).

Отсюда следует, что состояние 12-летних культур сосны в сильно загущенных лиственных молодняках заметно ухудшается. Поэтому в таких молодняках, начиная с 10-летнего возраста, необходимо проводить уход за сосной в виде осветления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Е. Декатов, Н. С. Зюзь. Указания по аэросеву семян сосны и ели. Л., 1956. [2]. П. Н. Львов, А. А. Панов. Пути естественного облесения вырубок Севера. Архангельск, 1960. [3]. Ф. Б. Орлов, В. М. Веснин. Состояние и пути развития лесокультурного дела в Архангельской области. Труды АЛТИ, XIX, 1959. [4]. А. П. Шиманюк. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. Изд. АН СССР, М., 1955.

Поступила в редакцию
30 января 1965 г.

УДК 634.055 : 674.031.632.229.264.2

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И РАЗВИТИЕ ДЕВСТВЕННЫХ ДУБРАВ

А. К. ДЕНИСОВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Поволжский лесотехнический институт)

На Русской равнине в настоящее время, по-видимому, нельзя найти нагорных и вообще плакорных дубовых лесов, которые сохранили бы естественную структуру и строение и были бы сколько-нибудь близки первобытным. Но среди пойменных дубрав до последнего времени в некоторых районах лесной зоны еще сохранились древостои, являющиеся как бы эталонами природы. Одним из таких районов является северное Заволжье Марийской АССР. Здесь, среди лесов Заветлужья, до последнего времени сохранялись, а местами стоят и ныне, не тронутые рубкой дубовые пойменные леса старшего возраста по рекам Б. Кожшага, Б. Кундыш и Илеть. Сохранению этих дубрав способствовали большая лесистость края и песчаные почвы югромной древне-аллювиальной равнины, окружающие полосы дубрав в поймах и удерживающие население далеко в стороне.

Первые исследования возрастной структуры дубрав, проведенные здесь [1], [2], в дальнейшем были пополнены новыми данными, в результате чего был собран значительный материал (табл. 1), позволяющий раскрыть закономерности естественного развития этих насаждений.

Исследование проводили во всех случаях на сплошных вырубках. На лесосеках отграничивали участок в пределах действующей поймы, который и служил пробной площадью. Если вся лесосека располагалась в пойме, то она вся являлась пробной площадью. Исключение составляла проба № 7, заложенная вдоль длинной стороны лесосеки в виде ленты шириною 25 м.

На пробных площадях учитывали число пней дуба, их диаметр и высоту. Возраст деревьев дуба устанавливали подсчетом годичных колец на пнях с прибавлением определенного числа лет на высоту пня, на основе выявления хода роста самосева дуба под древостоем, окружающим лесосеку.

Если все 866 деревьев дуба, у которых был определен возраст, распределить в пределах пробных площадей по 10-, 20- и 40-летним возрастным группам, то легко можно обнаружить следующие закономерности развития дубрав:

1) в естественных условиях, без вмешательства человека, дубравы развивались путем смен поколений (пробные площади 2, 3, 4 и 5);

2) поколения четко отграничиваются друг от друга периодом времени в 60—80 лет, деревья промежуточного возраста полностью отсутствуют.

Таблица 1

Место изучения дровостоя	№ кварталов	Год рубки дровостоя	Характеристика бывшего насаждения				Площадь лесосеки, га	Площадь пробы, га	№ пробных площадей	Количество деревьев дуба, у которых определен возраст, шт.
			состав по ярусам $\left(\frac{I}{II}\right)$	полнота по ярусам $\left(\frac{I}{II}\right)$	класс болитета	средний возраст дровостоя I яруса, лет				
Марийская АССР, лесхоз Муш-Мари, лесничество Лушмарское, пойма р. Илети	19	1944	—	—	II	130	12,0	1,50	3	253
	88	1961	$\frac{8Д1Л1В}{8Л2В}$	$\frac{0,8}{0,3}$	II	151	3,50	2,34	5	184
	85	1962	$\frac{9Д1В+Л}{6Л4В+Ол}$	$\frac{0,8}{0,1}$	III	157	1,30	1,30	4	101
Марийская АССР, леспромхоз Медведевский, лесничество Аргамачинское, пойма р. Б. Кокшаги	79	1958	$\frac{8Д2Л+Ос,Б}{6Л2В2Д}$	$\frac{0,9}{0,2}$	II	136	1,50	1,50	2	201
	65	1959	$\frac{7Д2Л1В+Б}{8Л2В+Д}$	$\frac{0,8}{0,2}$	III	120	0,50	0,50	1	57
	65	1962	$\frac{8Д1Л1Ос, ед. Е, Б}{—}$	$\frac{0,9}{—}$	III	164	0,50	0,50	6	47
	79	1962	$\frac{9Д1Л+Ос, Б}{—}$	$\frac{0,7}{—}$	II	170	1,44	0,25	7	23
Итого							20,74	7,89	—	866

3) средние возрасты поколений разнятся на семь классов возраста (130—140 лет), что свидетельствует о формировании последующего поколения в недрах предыдущего, когда последнее достигает 130—140-летнего возраста;

4) поколение дровостоя дуба (элемента леса) формируется достаточно быстро, так как от 27,7 до 60,9% его представителей имеют возраст в пределах одного десятилетия, и процесс формирования в основном заканчивается в 40 лет: за это время появляется основная масса представителей поколения — от 85,8 до 100% и только на одной лесосеке из семи (проба 7) — 68,1% деревьев дуба.

Распределение стволов дуба по диаметру их пней имеет характер ряда нормального распределения, типичный для разновозрастных насаждений.

В пределах одного поколения дровостоя дуба наиболее толстые деревья не являются самыми старыми, так же как и самые тонкие — наиболее молодыми. Между возрастом дерева и его диаметром прямой связи нет. Например, в ступени толщины 29—32 см показатели возрастов такие же, как и в ступени 77—80 см.

Обратимся к теоретическому осмысливанию изложенного материала, не останавливаясь, ограниченные рамками статьи, на очевидном практическом значении вскрытых закономерностей.

Прежде всего, приведенные данные вносят определенный вклад в решение незаконченной полемики между С. И. Коржинским [3], [4] и Г. Ф. Морозовым [5]. Они выясняют возможности смен поколений в дубравах и те переломные моменты в их жизни, когда создаются условия для развития и формирования последующих поколений в недрах предыдущих.

Далее, изложенное проливает дополнительный свет на онтогенетическое развитие так называемых девственных дровостоев. Перед нами

пример формирования и развития возрастной структуры под влиянием природы самого леса.

К ведущим биологическим свойствам, влияющим на возрастную структуру древостоев, относятся степень светолюбия породы, а также скорость изреживания, быстрота и темпы роста и развития древостоев.

Древостой девственного леса — не беспорядочное, архаическое, не связанное никакой общностью развития сочетание деревьев. Длительная эволюция древесных пород сообществами выработала у них отмеченные закономерности развития на основе их биоэкологических свойств, реализуемых с известной степенью различия в разных лесорастительных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Денисов. К генезису пойменных дубняков южной тайги. Доклады АН СССР, т. 61, № 1, 1948. [2]. А. К. Денисов. Пойменные дубравы лесной зоны. Гослесбумиздат, М.—Л., 1954. [3]. С. Коржинский. Северная граница черноземной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете, ч. I, т. 18, вып. 5, 1888. [4]. С. Коржинский. Фитотопографические исследования в губерниях Симбирской, Уфимской, Пермской и отчасти Вятской. Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете, ч. II, т. 22, вып. 6, 1891. [5]. Г. Ф. Морозов. Учение о лесе. Изд. 4, М.—Л., 1928.

Поступила в редакцию
30 декабря 1964 г.

УДК [634.054 + 634.0533]: 634.0.55

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛАССА БОНИТЕТА И ПОЛНОТЫ НАСАЖДЕНИЙ С ВОЗРАСТОМ

Г. С. РАЗИН

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

В статье рассмотрена изменчивость классов бонитета и полнот в поколениях древостоев конкретных преобладающих пород с целью показа общего характера изменения их с возрастом.

Углубленному анализу были подвергнуты поколения древостоев двух хозяйств Красновишерского лесхоза, представляющих часть девственных лесов северного района Пермской области. Рассматриваемые хозяйства имеют следующие средние таксационные показатели: 1 — елово-пихтовое: $F_{общ} = 965$ тыс. га; $S_{ср} = 6ЕЗП 0,5К 0,5Б + Ос$; средний класс бонитета III, 7; $P_{ср} = 0,56$ и $A_{ср} = 134$ года; 2 — мягколиственное: $F_{общ} = 261$ тыс. га; $S_{ср} = 7Б1Ос1Е1С$; средний класс бонитета III, 3; $P_{ср} = 0,63$ и $A_{ср} = 64$ года.

В табл. 1 приведены данные о распределении насаждений отдельных классов возраста по классам бонитета.

Таблица 1

Классы бонитета	Распределение древостоев различных классов возраста по классам бонитета, % к общей площади							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Елово-пихтовое хозяйство								
Ia-I-II	14	14	14	15	16	15	9	2
III	72	65	58	49	46	42	39	35
IV	14	19	24	24	24	25	32	39
V-Va	—	2	4	12	14	18	20	24
Мягколиственное хозяйство								
Ia-I	—	2	4	13	8	3	1	—
II	20	25	23	19	23	18	18	17
III	73	57	49	38	38	44	42	41
IV	7	15	19	23	24	20	21	22
V-Va	—	1	5	7	7	15	18	20

В елово-пихтовом хозяйстве с увеличением возраста до VIII класса преобладающее большинство насаждений постепенно переходит в последующие низшие классы бонитета. В мягколиственном хозяйстве до IV

класса возраста явно выражены процессы перехода части насаждений II—III классов бонитета в высшие классы бонитета и части насаждений III—IV классов бонитета в низшие. В насаждениях старше IV класса класс бонитета значительно снижается.

Изменение класса бонитета отдельных насаждений с возрастом отражается на величинах средних классов бонитета совокупности древостоев класса (поколения).

Дело в том, что с возрастом физиологические свойства деревьев в насаждении изменяются, а это, в свою очередь, вызывает изменение энергии роста и развития их и в целом древостоев.

В табл. 2 приведены данные о распределении насаждений отдельных классов возраста по полнотам в процентах к общей площади древостоев рассматриваемых классов.

Таблица 2

Полноты	Распределение древостоев различных классов возраста по полнотам, % к общей площади							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Елово-пихтовое хозяйство								
1,0 ÷ 0,7	16	25	36	37	39	24	21	18
0,6	20	26	26	26	27	34	36	37
0,5 ÷ 0,3	64	49	38	37	34	42	43	45
Мягколиственное хозяйство								
1,0 ÷ 0,7	40	62	67	68	65	53	50	46
0,6	28	18	14	16	23	23	25	27
0,5 ÷ 0,3	32	22	19	16	12	24	25	27

В елово-пихтовом хозяйстве с увеличением возраста происходят следующие изменения:

1) доля площадей насаждений с полнотой 0,7 ÷ 1,0, резко возрастая до III класса возраста включительно (в 2,4 раза), в III—V классах возраста остается почти на одном уровне, а затем уменьшается (в 2,2 раза);

2) доля площадей насаждений с полнотой 0,6 в условиях II—V классов возраста одинакова, а затем, резко поднявшись в VI классе, почти не изменяется;

3) доля площадей насаждений с полнотой 0,3 ÷ 0,5 до V класса возраста уменьшается, а в дальнейшем, заметно повысившись в VI классе, слабо увеличивается.

В мягколиственном хозяйстве происходят почти аналогичные изменения.

Дополнительное изучение изменений с возрастом полнот поколений из преобладающих пород осины, березы, сосны и ели по Гайнскому и другим лесхозам показало, что увеличение средней полноты в начальный период и уменьшение ее с III—IV класса возраста носит закономерный характер.

В табл. 3 приведены краткие данные по Гайнскому лесхозу.

Насаждения с различной полнотой ведут себя по-разному: чем полнее они в начале развития или в младшем возрасте, тем раньше и интенсивнее они уменьшают полноту после III—IV классов возраста. И, наоборот, чем полнота насаждений меньше, тем продолжительнее процесс ее возрастания и менее интенсивно ее уменьшение впоследствии.

Таблица 3

Средний состав хозяйств	Средние полноты по классам возраста					
	I	II	III	V	VII	XI
6ОсЗБ1Е	0,58	0,76	0,78	0,75	—	—
6Б2Ос2Е	0,59	0,71	0,75	0,72	—	—
9С1Е+Б	0,61	0,68	0,64	0,62	0,56	0,47
8Е1П1Б	0,62	0,63	0,66	0,61	0,57	0,47

Во всех насаждениях в течение всей их жизни одновременно происходят два неразрывных, но противоположных процесса: увеличение полноты за счет роста и развития и уменьшение за счет отпада части деревьев. Более полные насаждения после III класса возраста начинают уменьшать полноту, так как с этого времени сумма площадей сечений отпада повышается, а прибавление (приращение) ее на остающихся в живых деревьях резко уменьшается.

В любом крупном хозяйстве, содержащем лишь одно поколение древостоев выше III—IV классов возраста, одновременно наблюдается возрастание полноты насаждений в одной части хозяйства (с меньшей полнотой) и уменьшение — в другой (с большей). Результат по хозяйству зависит от преобладания той или другой части.

Кроме того, анализы показали, что насаждения разных классов бонитета изменяют полноту с возрастом по-разному и в неодинаковой степени.

Основываясь на закономерностях изменения полнот в различных насаждениях, нетрудно объяснить причину повышения относительного процента прироста древесины с понижением полноты: насаждения с меньшей и особенно с искусственно пониженной полнотой повышают ее за счет высоких темпов увеличения диаметров отдельных деревьев и суммы площадей сечения всего насаждения гораздо быстрее, чем более полные насаждения, имеющие меньшие скорости прироста диаметров отдельных деревьев.

Поступила в редакцию
1 февраля 1964 г.

УДК 634. 0844(470.41)

БИОФЕНОЛОГИЯ ГРИБА *Phacidium infestans* Karst., ЕЕ ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕР ВЫЗЫВАЕМОЙ ИМ БОЛЕЗНИ В УСЛОВИЯХ ТАТАРСКОЙ АССР

Н. М. ВЕДЕРНИКОВ

Старший научный сотрудник

(Татарская лесная опытная станция)

Сумчатый гриб *Phacidium infestans* Karst. и вызываемое им заболевание хвои, известное под названием «снежное шютте», привлекали внимание ряда исследователей как в нашей стране, так и за рубежом. Однако до настоящего времени оставались недостаточно изученными вопросы биологии гриба и условия, способствующие его развитию и распространению, а также меры борьбы с болезнью.

В статье изложены результаты четырехлетних (1960—1963 гг.) наблюдений за развитием гриба *Phacidium infestans* Karst. в питомниках и культурах сосны и вызываемой им болезнью в условиях Зеленодольского опытно-показательного лесхоза Татарской АССР.

Регулярные наблюдения в питомниках проводили на площадках с пораженными сеянцами, среди которых отмечали модельные экземпляры; в культурах выделяли модельные деревья. На площадках брали образцы пораженной хвои (каждый раз анализировали не менее 500 апотециев). Анализ пораженной хвои выполняли в летний период еженедельно, а в зимнее время — через две недели. Время созревания и рассеивания аскоспор в культурах определяли методом Ингольда, подсчитывая споры в пяти полях зрения микроскопа на каждом из трех предметных стекол.

В зимний период в питомниках и культурах проводили измерения температурного режима снежного покрова. Наблюдения в каждом из пунктов осуществляли около 13 час. дня 3—5 раз в неделю. Высоту снежного покрова определяли по рейкам, а температуру в снежном покрове на поверхности почвы и на высотах 15, 20 и 40 см над поверхностью почвы — ртутными термометрами.

Ежегодно (1960—1963 гг.) весной сразу после стаивания снега в отдельных полуразрушенных апотециях встречались единичные аскоспоры. Однако ни одна из них не проросла в течение 5 дн. в дистиллированной воде, что говорит об их нежизнеспособности.

В 1961—1963 гг. для определения способности аскоспор к прорастанию в самом начале периода разлета, в период максимального разлета и в конце его было проведено проращивание аскоспор в каплях дистиллированной воды. Образцы хвои с апотециями брали в питомнике и в культурах. Аскоспоры помещали в капли воды на следующий день после сбора хвои. Предметные стекла, как и весной, клали во влажные каме-

ры при температуре 16—18° С. Оказалось, что энергия прорастания аскоспор увеличивается с интенсивностью посева, то есть в период максимального разлета аскоспоры обладают и большей энергией прорастания. Энергия прорастания аскоспор из апотециев на 3-летних сеянцах сосны несколько ниже, чем аскоспор из апотециев на хвое в 5—14-летних культурах сосны.

На основе проведенных наблюдений описана биофенология гриба *Phacidium infestans* Karst. и составлена характеристика вызываемого им заболевания.

Источником инфекции снежного шютте для питомников являются молодняки сосны; болезнь распространяется в основном с помощью спор на расстоянии до 100—250 м, а иногда и дальше.

Первые признаки болезни можно обнаружить в середине января; когда в снежном покрове в зоне расположения растений, особенно в питомниках, устанавливаются более или менее постоянные температуры в пределах от 0 до —3°. Хвоя в это время имеет бледно-зеленый цвет, и на ней начинается белый паутинистый мицелий. Уже в начале февраля на пораженной хвое отчетливо видны пятна от желтовато-зеленого до коричневатого цвета. Мицелий в это время опутывает не только хвою, но и стволы и верхушечные почки сеянцев. В конце марта — апреле, когда температура снежного покрова повышается, в очагах сильно активизируется развитие наружного мицелия и распространение его на соседние здоровые растения. Чем быстрее происходит снеготаяние, тем меньше степень распространения болезни при посредстве наружного мицелия и наоборот. Сразу после выхода из-под снега, как и в конце марта — начале апреля под снегом, пораженная хвоя пурпурно-зеленая или оливково-зеленая с равномерно расположенными пятнами несколько более темного, чем сам фон, или коричневатого цвета. Пораженная хвоя на растениях или их частях отмирает за несколько дней и становится красно-коричневой или красноватой, пятнистость ее пропадает и одновременно с этим под эпидермисом отчетливо различаются зачатки апотециев в виде более или менее равномерно расположенных точек коричневого цвета, которые через несколько дней чернеют. Поражение растений, как правило, куртинное, однако в питомниках при большой инфекционной нагрузке куртины сливаются. Куртины пораженных растений покрыты пленкой светло-серого паутинистого мицелия. Внутри них хвоя довольно густо опутана мицелием, среди которого встречаются белые шнуры до 0,5 мм в диаметре. После стаивания снега болезнь развивается в уже установившихся резко очерченных очагах (куртинах). Наружный мицелий сравнительно быстро исчезает, а мицелий, проникший внутрь хвои, продолжает развиваться. В конце апреля — начале мая зачатки апотециев на зараженной хвое имеют вид точек или пятен, а в июне — начале июля превращаются в бугорки с несколько расплывчатыми контурами темно-синеватого цвета с углублением посредине. В июле в апотециях можно более или менее ясно различать сумки с подобием спор и парафизы. В это время в пораженной хвое легко обнаружить гифы гриба диаметром 3—7 мк. По мере развития апотеции набухают, появляются штриховидные трещины, а затем эпидермис хвои лопается, образуя отверстие неправильной формы. Это обычно происходит в конце июля — августе. В конце августа — начале сентября в апотециях уже встречаются вполне сформированные сумки со зрелыми аскоспорами. В большинстве случаев разлет аскоспор гриба и заражение ими растений начинается в последние дни сентября — начале октября при условии, если в августе и сентябре выпадает осадков больше средней многолетней нормы; если осенние заморозки наступают

в конце августа — начале сентября, то разлет аскоспор происходит с конца второй декады сентября.

Апотеции раскрываются даже при небольшом увлажнении, например, при росе, мороси, после оттаивания инея и т. п., обнажая гимений восковидной консистенции. Зрелые апотеции темно-серого цвета с синеватым оттенком имеют размер 0,6—1,3 мм при рассматривании с поверхности и 570—900/210—375 мк на поперечном разрезе. Сумки собраны в гимениальный слой, бесцветные, булавовидной формы 72—140/12—24,8 мк с нитевидными парафизами 56—89/1—2 мк. В каждой сумке содержится по восемь бесцветных, иногда круглых, но в большинстве случаев эллипсоидальных, нередко однобоких или слепка согнутых с хорошо заметной оболочкой спор. Споры в сумках расположены без особого порядка, в зрелом состоянии они более скручены в верхней части. Величина спор в одной и той же сумке значительно варьирует в пределах 11,5—27,6/5,2—9,4 мк.

Разлет аскоспор достигает максимума обычно в середине второй — начале третьей декады октября и продолжается часто вплоть до установления снежного покрова. Особенно благоприятные условия для рассева аскоспор и заражения ими растений создаются в октябре — начале ноября, когда периодическое выпадение и таяние снега чередуется с дождями, росами, моросями и т. п. В этих условиях запас аскоспор в апотециях исчерпывается еще до установления постоянного снежного покрова. В остальных случаях аскоспоры в апотециях могут встречаться до середины января. Споры, попадая на влажную хвою, прорастают. Мицелий гриба проникает в хвою через устьица. Энергия прорастания аскоспор увеличивается с интенсивностью рассева, то есть в период максимального разлета аскоспоры обладают большей энергией прорастания. Энергия прорастания аскоспор из апотециев на хвое сеянцев несколько ниже, чем аскоспор из апотециев на хвое в культурах сосны. Единичные аскоспоры, встречающиеся весной в полуразрушенных апотециях, уже не способны к прорастанию. Плодовые тела образуются не во всей зоне поражения, например по периферии их нет совсем или очень мало. Однако чем мощнее хвоя, тем шире зона с плодовыми телами и их больше, а развитие идет быстрее. В тех случаях, когда плодовые тела имеются и по краям очагов, они развиваются слабо. Пораженная хвоя, по крайней мере, в течение первого года развития болезни не опадает.

В питомниках однолетние сеянцы поражаются снежным шютте несколько реже, чем двухлетние. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что восковой налет на однолетних сеянцах, обладающий более низкой смачиваемостью, чем на двухлетних, косвенно повышает устойчивость растений против возбудителя; роль воскового налета состоит в том, что он затрудняет прилипание инфекционных капель к молодой хвое. Как показывают наблюдения, посевы сосны первого года выращивания поражаются лишь при наличии большой инфекционной нагрузки. В культурах сосны у деревьев часто встречаются веточки, а в питомниках сеянцы, на которых не вся хвоя повреждена грибом. Иногда на вершине ветви хвоя поражается в текущем году, а в основании ее — в предыдущем году или наоборот. Нередки случаи, когда не только растение или пара хвоинки, но и одна хвоинка бывает одновременно поражена двумя грибами: одна половина ее — обыкновенным шютте, а другая — снежным шютте.

При поражении сеянцев в один сезон обоими грибами весной можно наблюдать явные признаки снежного шютте, однако в дальнейшем, особенно на хвое 1—2-летних сеянцев, развиваются преимущественно органы плодоношения обыкновенного шютте.

Как в питомниках, так и в культурах, из большого количества появляющихся весной на хвое зачатков в апотеции превращается не более половины их. Так, на пораженных однолетних сеянцах зрелые апотеции встречаются единично, а на 2—4-летних сеянцах их количество на одной хвоинке достигает в среднем 60 шт., причем в обоих случаях преимущественно на хвое в верхней части растений. В культурах в среднем на одну хвоинку приходится до 170 зрелых апотециев.

Собранные в 1959—1963 гг. данные по биофенологии гриба *Phacidium infestans* Karst. позволяют считать, что эффективными сроками опрыскиваний посевов сосны против заболевания снежного шютте в условиях центральных районов Среднего Поволжья являются следующие: обработку посевов необходимо начинать в первые дни октября, а при условии, если в августе и сентябре выпадает осадков больше средней многолетней нормы, а осенние заморозки наступают в конце августа — начале сентября, то с конца второй декады сентября; опрыскивания следует проводить с интервалами в три недели, а в дождливую погоду в две недели.

Поступила в редакцию
9 апреля 1964 г.

УДК 533.6 : 634.0.266

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ПОЛОС ДЛЯ ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

М. Е. ВАСИЛЬЕВ

Старший научный сотрудник

(Славгородская селекционно-опытная станция Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства)

Тридцатилетний опыт защитного лесоразведения в Сибири и Казахстане показал, что применявшиеся до сего времени плотные конструкции лесополос малоэффективны.

С целью разработки наиболее эффективных конструкций полезащитных лесных полос для Западной Сибири и Целинного края мы реконструировали 15—20-летние 8—15-рядные древесно-кустарниковые лесополосы и получили 15 вариантов новых конструкций с числом рядов от 1 до 15.

Полученные лесополосы всесторонне изучали в течение четырех лет с помощью различных приборов. Высота лесопосадок после реконструкции (выкорчевывания лишних рядов) 7—10 м, в составе тополь бальзамический, береза бородавчатая, вязы мелкоствольный и обыкновенный, желтая акация. Полосы расположены с севера на юг; расстояние между рядами 2 м, между деревьями в ряду 1,5 м. Ажурность полученных при реконструкции лесополос, то есть процентное отношение просветов между стволами и в кронах ко всей площади вертикального сечения лесопосадки, колеблется от 90% у однорядной до нулевой пятнадцатирядной. Ширина межполосных полей 500 м, длина 2000 м, площадь 100 га.

Для обоснования наиболее эффективных конструкций полезащитных лесопосадок изучали влияние их на скорость ветра и структуру ветропотока в межполосных пространствах, температуру и влажность воздуха в период вегетации сельскохозяйственных культур, снегоотложение на межполосных полях, динамику замерзания и оттаивания почвы, ветровую и водную эрозию почвы, влажность и температуру почвы за вегетацией, испарение воды с пашни и водной поверхности, транспирацию сельскохозяйственных растений на межполосных клетках, урожай полевых культур и его структуру. Исследован также ход роста древесных пород в лесополосах разной конструкции на почвах различных типов.

В статье приведен материал по аэродинамике, снегоотложению, промерзанию почвы, испарению воды с почвы, ветровой эрозии и урожаю сельскохозяйственных культур на полях под защитой новых и старых конструкций лесонасаждений.

Аэродинамика лесных полос

Ветер является основным элементом местного климата. Характер влияния лесных полос на ветропоток определяет и другие их свойства, в том числе воздействие на снегоотложение, ветровую эрозию почвы, испарение воды с почвы, транспирацию и т. д.

Данные наблюдений за скоростью ветра на полях, защищенных безлиственными насаждениями, показаны на рис. 1. Замеры проведены при скорости ветра в открытой степи 14 м/сек.

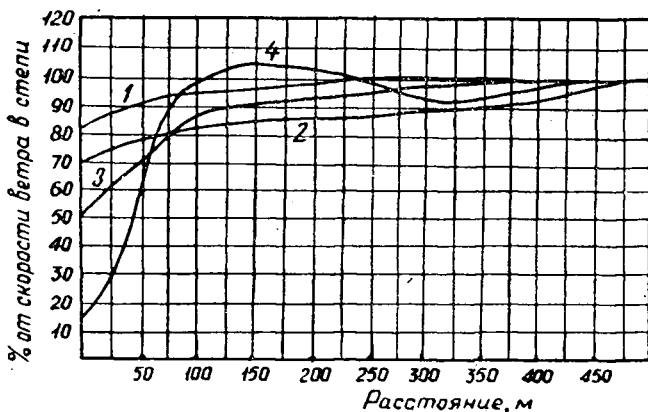


Рис. 1. Влияние безлиственных лесных полос на скорость ветра при скорости на флюгере 14 м/сек.

1 — под защитой 2-рядной полосы; 2 — 4-рядной; 3 — 7-рядной; 4 — 15-рядной.

Рис. 2 показывает, как снижается скорость ветра в лесополосах различных конструкций при его скорости в открытом поле 14 м/сек.

С помощью воздушных шаров, наполненных водородом, и флюгеров удалось установить закономерность роста длины ветровой тени в зависимости от скорости ветра.

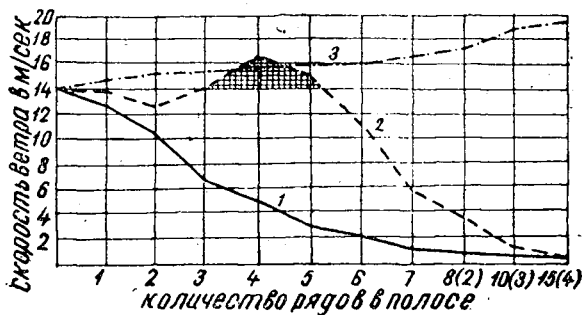


Рис. 2. Снижение скорости ветра при скорости на флюгере 14 м/сек.

1 — скорость в кронах; 2 — под кронами; 3 — над кронами на высоте 0,5 м.

Ветровая тень у лесных полос различных конструкций в облиственном и безлистном состоянии изображена на рис. 3. Данные получены при скорости ветра в открытом поле 15 м/сек.

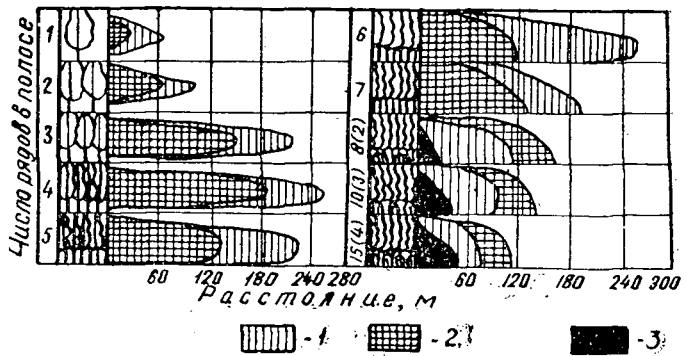


Рис. 3. Длина и форма ветровой тени у лесных полос различной конструкции.
1 — облиственный состояние; 2 — безлистное; 3 — зона штиля (при облиственном состоянии).

Снегоотложение на межполосных полях

Лесонасаждения являются регулятором снегоотложения на полях, равномерное распределение снега, наряду с борьбой против эрозии, — основное требование к лесным полосам на целине.

Снегомерные съемки проводили после каждой метели и снегопада. Для этого через каждые 25 м на всю ширину межполосного поля мер-

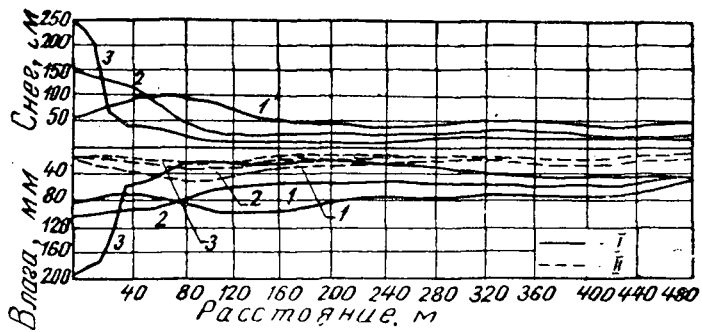


Рис. 4. Снегоотложение и запас продуктивной влаги в 15-метровом слое почвы на полях, защищенных полосами различных конструкций, средние данные за 1959—1962 гг.
I — весной; II — осенью; 1 — снег и влага под защитой 3-рядной полосы; 2 — 6-рядной; 3 — 15-рядной.

ной рейкой в трех повторениях измеряли глубину снега. На рис. 4 представлено снегоотложение в среднем за четыре зимы под защитой насаждений различных конструкций.

Динамика промерзания и оттаивания почвы

Динамика почвенной мерзлоты показана на рис. 5. Под влиянием мощности промерзшего слоя почвы складывается ее тепловой баланс. По агротехническим соображениям желательно, чтобы промерзание и оттаивание почвы проходило равномерно и одновременно по всему межполосному полю. Представление об оттаивании почвы дает рис. 6.

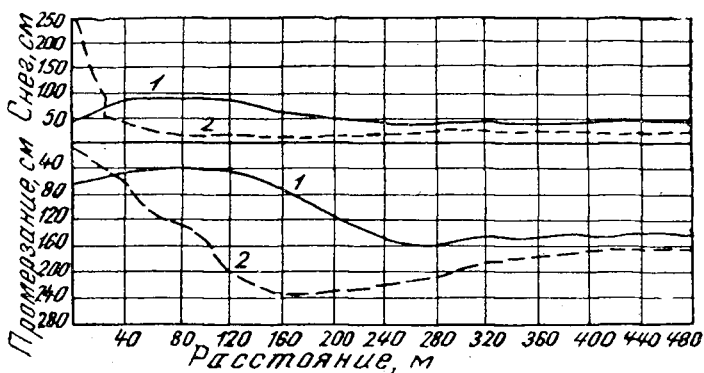


Рис. 5. Снегоотложение и промерзание зяби на межполосных полях. Средние данные за 1960—1962 гг.
1 — промерзание под защитой 4-рядной полосы; 2 — 15-рядной.

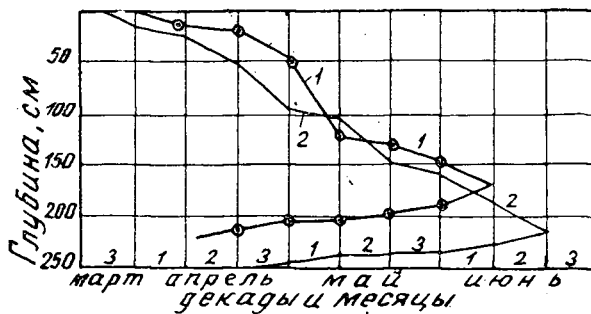


Рис. 6. Оттаивание почвы на полях под защитой лесных полос в 1962 г.
1 — под защитой 4-рядной полосы; 2 — 15-рядной.

Ветровая эрозия почвы на межполосных полях

Эрозию почвы в летних условиях изучали при помощи площадок размером 2×2 м, расположенных на стационарных пунктах наблюдений.

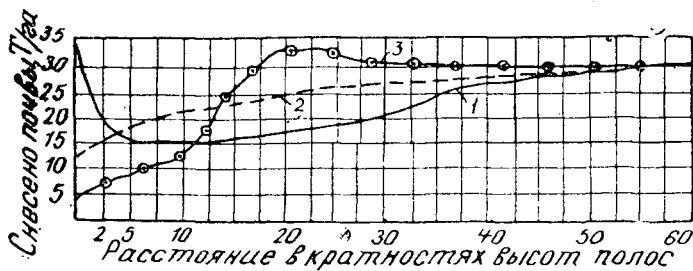


Рис. 7. Ветровая эрозия почвы за май, июнь, июль и август 1960—1962 гг. под защитой лесополос.
1 — под защитой 3-рядной полосы; 2 — 6-рядной; 3 — 15-рядной.

На площадке устанавливали пять колышков с миллиметровыми делениями, причем нуль находился на уровне почвы. Понижение уровня почвы характеризует снос ее, повышение — нанос. По специальной формуле показания колышка в мм переводились в $T/га$. Наиболее опасны в отношении эрозии май, июнь (до появления всходов), когда почва распахана, но не скреплена корнями сельскохозяйственных культур (рис. 7).

Испарение воды с пашни

Испарение воды с почвы изучали с помощью испарителей открытого типа. За время с 1 мая по 27 июня 1962 г. с 1 га пашни межполосного поля под защитой 1-рядной полосы с безлистной ажурностью 90% испарилось 569 T влаги, под защитой 2-рядной с ажурностью 80% — 551, 3-рядной (ажурность 70%) — 471, 5-рядной (ажурность 50%) — 499, 6-рядной (ажурность 40%) — 502, 8 (2)-рядной (ажурность 20%) — 614, 10 (2)-рядной (ажурность 10%) — 588, под защитой 15 (4)-рядной с нулевой ажурностью — 581, а в безлесном поле — 695 T .

Урожай полевых культур и его структура

Урожайность определяли сплошным комбайнированием. Благоприятное влияние лесонасаждений сказывается не только на повышении урожая сельскохозяйственных культур, но и на улучшении его структуры. Все основные показатели структуры урожая оказались наилучшими на поле с 3-рядной лесопосадкой, несколько хуже на поле с 6-рядной лесополосой, наихудшие — среди 15(4)-рядных.

Как показали материалы пробных площадей по ходу роста деревьев, лучшими лесорастительными почвами являются южные черноземы (в западинах), несколько хуже — темно-каштановые и каштановые. Очень плохи засоленные светло-каштановые разности, на которых деревья и кустарники обычно к 5—8 годам усыхают или растут по низким бонитетам. Наиболее быстро растут деревья в высоту и по диаметру в 3—4—5-рядных бескустарниковых лесополосах. Кустарники являются сильным конкурентом деревьев за влагу и пищу. Поэтому введение их в лесополосу сильно снижает прирост главных и сопутствующих пород. Пониженная производительность многорядных (10—15) насаждений объясняется их загущенностью и недостатком влаги.

Выводы

1. Наилучшими ветроломными свойствами обладают 3—4-рядные бескустарниковые ажурно-продуваемые и продуваемые полезащитные лесные полосы с безлистной ажурностью 70—60%. Весьма близки к ним по свойствам 5-рядные насаждения с ажурностью 50%.

2. Способствуя равномерному снеготоплению на полях, увлажнению почвы, уменьшению потерь воды на испарение с почвы, полезащитные лесонасаждения оказывают положительное влияние на гидрологию местности.

3. Ажурность — основной конструктивный признак лесополос, определяющий их агроклиматическую эффективность. Оптимальная ажурность лесополос в различных природно-климатических зонах страны различна и устанавливается в зависимости от основного назначения лесонасаждения.

Для целинных земель Северного Казахстана и Западной Сибири, где основное назначение лесонасаждений заключается в увеличении урожая путем снегораспределения на полях и борьбы с ветровой эрозией почвы, наиболее эффективны бескустарниковые лесные полосы с безлистной ажурностью 70—60%. Такую ажурность имеют насаждения с размещением 2500—3300 деревьев на 1 км, что соответствует 3—4-рядным насаждениям, у которых расстояние между деревьями в ряду составляет 1,5 м. Для механизации обработки междурядья должны быть 3—3,5 м.

4. При таком размещении деревьев лесные полосы удачно сочетают в себе оптимальную площадь питания каждого растения, обеспечивающую их быстрый рост, высокую биологическую устойчивость с максимальным агроклиматическим эффектом, обусловленным наиболее удачным конструктивным решением лесонасаждений.

5. Новая конструкция ползащитных лесных полос широко испытывается в колхозах, совхозах Сибири и Северного Казахстана и показывает хорошие результаты. Лесополосы 3—4—5-рядные стоят в 2—3 раза дешевле, чем 8—15-рядные древесно-кустарниковые, а по агрометеорологическому эффекту значительно превосходят их.

Поступила в редакцию
5 июня 1963 г.

УДК .001.24 : 634.0.378.2

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

РАСЧЕТ ПАКЕТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ГИБКОЙ ОБВЯЗКЕ,
ЛЕЖАЩЕГО НА ПЛОСКОСТИ

М. М. ВАХРУШЕВ

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

В статье в краткой форме изложены некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению формы сечения и усилий в гибкой обвязке пакета, лежащего на плоскости, которые могут быть полезными в практике пакетирования лесоматериалов.

О форме пакета в гибкой обвязке

Исследования показали, что внутри пакета с гибкой обвязкой распределения давления происходят по определенному и сложному закону, поэтому точное решение задачи, определяющей выражение кривой формы сечения, затруднительно. Однако естественную форму пакета можно описывать сложной кривой, составленной из сочетания кривых эллипсов с прямой линией опорной горизонтальной поверхности (рис. 1, б).

Кривая верхнего участка пакета является дугой эллипса, большая ось которого расположена горизонтально (линия MM'), и численно определяет ширину пакета A ($A = 2a$). Боковые участки кривой MM' и $M'N'$ являются дугами эллипсов с вертикальными большими полуосями $Nn = N'n' = b_n$. В точках M и M' дуги обоих эллипсов сопрягаются и поэтому имеют одинаковые радиусы кривизны

$$\frac{b_k^2}{a} = \frac{b_n^2}{a-d}.$$

Из равенства радиусов кривизны следует

$$\frac{b_n}{b_k} = \sqrt{1 - C_d}, \quad (1)$$

где

$$C_d = \frac{d}{a} = \frac{D}{A}. \quad (2)$$

После математического преобразования уравнения (1) получаем

$$b_n = \frac{\sqrt{1 - C_d}}{1 + \sqrt{1 - C_d}} \cdot B; \quad b_k = \frac{1}{1 + \sqrt{1 - C_d}} \cdot B, \quad (3)$$

где B — высота пакета.

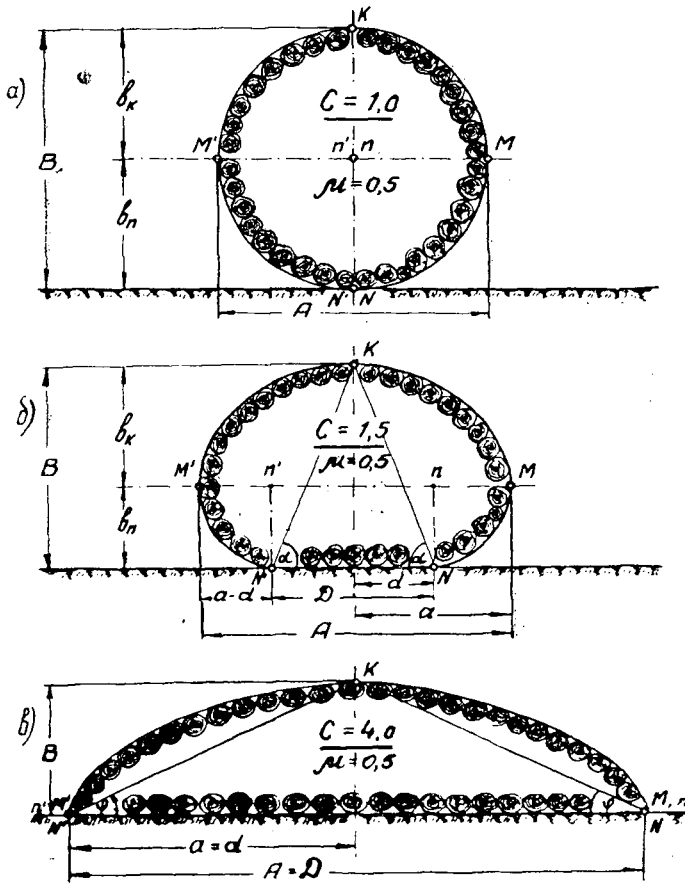


Рис. 1. Схемы формы пакетов на плоскости.

Точки N и N' являются точками сопряжения эллипсов с прямой линией опорной поверхности.

Принятая форма кривой пакета на плоскости во многом отвечает естественной форме. Она имеет плавное изменение радиуса кривизны ρ , как и естественная форма.

В точке K радиус кривизны имеет максимальное значение

$$\rho_K = \frac{a^2}{b_K} = \frac{1}{4} C^2 (1 + \sqrt{1 - C_d}) B = \rho_{max}, \quad (4)$$

а в точках N и N' — минимальное

$$\rho_N = \rho_{N'} = \frac{(a-d)^2}{b_n} = \frac{1}{4} C^2 \sqrt{1 - C_d} (1 - C_d) (1 + \sqrt{1 - C_d}) B = \rho_{min}, \quad (5)$$

здесь C — коэффициент формы пакета, определяемый отношением ширины его к высоте,

$$C = \frac{A}{B} = \frac{2a}{b_n + b_K}. \quad (6)$$

Если $C = 1,0$, то принятая форма кривой (рис. 1, а), подобно естественной, превращается в окружность с постоянным радиусом кривизны.

Величина прямой линии опорной поверхности D в естественных условиях и в принятой форме кривой зависит от коэффициента формы пакета.

При $C = 1,0$; $D = 0$; $C_d = 0$ (рис. 1, а). В случае образования формы пакета обрушением боковых сторон до угла естественного откоса φ (рис. 1, в) усилие на обвязку не передается. Тогда имеем

$$C = \frac{A}{B} = \frac{2}{\mu}; \quad D = A; \quad C_d = 1,0,$$

где μ — коэффициент внутреннего трения, определяемый по выражению (22).

Таким образом, форму пакета можно установить при знании закона $C_d = f(C)$.

В процессе выявления этого закона проведены исследования 202 моделей пакетов окоренных лесоматериалов в масштабе $m = 1 : 5$. Они соответствуют натуральным размерам пакетов в диаметре пакетирования 1,5 м при длине поленьев 1,5 м. Среднее значение коэффициента внутреннего трения получено $\mu = 0,551$ с показателем точности измерения $P_\mu = 1,43\%$.

Результаты исследования выражены графиками $C_d = f(C)$ и $\frac{b_n}{b_k} = f(C)$, приведенными на рис. 2.

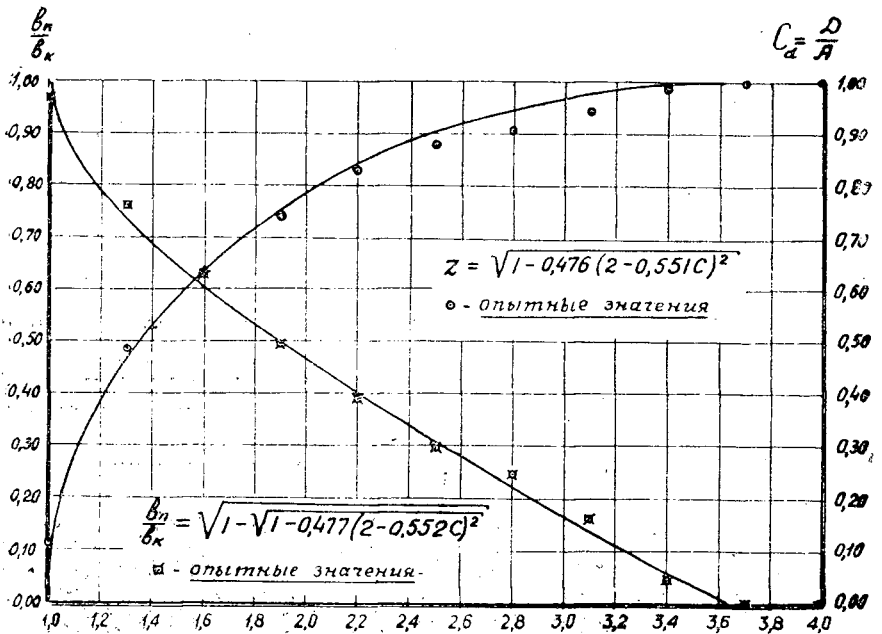


Рис. 2. Графики $C_d = f(C)$ и $\frac{b_n}{b_k} = f(C)$.

Выражением зависимости $C_d = f(C)$ является эллиптический закон распределения

$$C_d = \sqrt{1 - \left(\frac{2 - \mu C}{2 - \mu}\right)^2} \quad (7)$$

при $\mu = 0,551$.

Зависимость $\frac{b_n}{b_k} = f(C)$ выражена по уравнению (1). Как видно из графика значения кривых, зависимости имеют незначительные отклонения от усредненных опытных значений.

Справедливость выражения (7) затем была проверена и подтверждена при исследовании пакетов натуральных размеров до 1,5 м в диаметре пакетирования при длине поленьев до 2,5 м с коэффициентами внутреннего трения лесоматериала $\mu = 0,38; 0,534; 0,562; 0,663; 0,684; 0,724; 0,807; 0,874; 0,969$.

Определение основных параметров пакета

1. Коэффициент формы пакета C определяется отношением (6).
2. Выражением закона $C_d = f(C)$ служит зависимость (7), применимая для короткомерных лесоматериалов при $\mu = 0,38 \div 0,99$.
3. Площадь сечения пакета S находят из расчетной схемы (рис. 1, б) по уравнению

$$S = \frac{1}{2} \pi a b_k + 2 \cdot \frac{1}{4} \pi b_n (a - d) + D b_n,$$

которое с учетом значений составляющих величин после преобразования принимает вид

$$S = K_s \frac{\pi B^2}{4}, \quad (8)$$

где

$$K_s = C \{ 1 - 0,273 [1 - (C_d + \sqrt{1 - C_d})] \}. \quad (9)$$

4. Площадь сечения опорного конуса NKN' вычисляют по выражению

$$S_0 = \frac{1}{2} B D = \frac{1}{2} C \cdot C_d \cdot B^2. \quad (10)$$

5. Длина периметра пакета L составляет рабочую длину гибкой обвязки. Ее определяют по исходному уравнению

$$L = 2L_m + 2L_n + D,$$

где L_m и L_n соответствуют длинам дуги кривых $\frown KM$ и $\frown MN$, каждая из которых выражает длину дуги четверти эллипсов.

В общем виде длину дуги эллипса выражают при помощи эллиптического интеграла второго рода

$$l_s = a_s \int_0^{\varphi_s} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi_s} d\varphi_s = a_s \cdot E(\varphi_s; k),$$

где a_s и b_s — большая и малая полуоси эллипса;

k — модуль эллиптического интеграла, численно равный эксцентриситету эллипса $k = \sqrt{1 - \left(\frac{b_s}{a_s}\right)^2}$ и выражаемый через модулярный угол Θ по зависимости $k = \sin \Theta$;

φ_s — амплитуда эллиптического интеграла;

$E_{(\varphi_3; k)}$ — символическое обозначение эллиптического интеграла второго рода.

Для нашей задачи $\varphi_3 = \frac{\pi}{2}$, поэтому мы имеем полный эллиптический интеграл второго рода

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi_3} d\varphi_3 = E_{(k)}.$$

Теперь длину периметра пакета находят по уравнению

$$L = 2aE_{(k_1)} + 2b_n E_{(k_2)} + D$$

или после математического преобразования

$$\left. \begin{aligned} L &= k_l \cdot B, \\ \text{где} \quad k_l &= C \left[E_{(k_1)} + \frac{2}{C} \frac{\sqrt{1 - C_d}}{1 + \sqrt{1 - C_d}} E_{(k_2)} + C_d \right]; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \sqrt{1 - \left(\frac{b_k}{a}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{4}{C \cdot C_d} (1 - \sqrt{1 - C_d})^2}; \\ k_2 &= \sqrt{1 - \left(\frac{a - d}{b_n}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{C^2}{4} (1 - C_d) (1 + \sqrt{1 - C_d})^2}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Численное значение интегралов $E_{(k_1)}$ и $E_{(k_2)}$ принимают по таблицам полных эллиптических интегралов [3], при пользовании которыми значения модулярных углов определяют из выражения

$$k_1 = \sin \Theta_1; \quad k_2 = \sin \Theta_2. \quad (13)$$

Длина периметра пакета может быть рассчитана и по приближенным формулам

$$\left. \begin{aligned} L' &= K'_l \cdot B, \\ \text{где} \quad K'_l &= C \left[\frac{1}{2} \pi \left(1 + \frac{1}{C} - \frac{1}{2} C_d \right) + C_d \right] \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

или

$$\left. \begin{aligned} L'' &= K''_l \cdot B, \\ \text{где} \quad K''_l &= C \left\{ \frac{1}{2} \pi \left[\frac{3}{2} \left(1 + \frac{1}{C} - \frac{1}{2} C_d \right) - \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - C_d}}{2C \cdot C_d}} - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \sqrt{\frac{1 - C_d}{2C \cdot C_d} [\sqrt{1 - C_d} - (1 - C_d)]} + C_d \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Формула (14) получена из приближенного расчета длины кривой эллипса по зависимости $L = \pi(a_3 + b_3)$, а в формуле (15) длину эллипса определяют по уравнению

$$L'_3 = \pi \left[\frac{3}{2} (a_3 + b_3) - \sqrt{a_3 \cdot b_3} \right].$$

Сравнительно с формулой (11) расхождение в расчетах по формуле (15) составляет $\pm 0,5\%$ для пакетов с соотношением осей до $C = 3,0$ при $\mu = 0,5$. Расчет по формуле (14) в этом случае соответствует расхождению от $+0,5\%$ до $-1,7\%$.

6. Объем V и вес Q пакета находят по формулам

$$V_c = S \cdot l = K_s \frac{\pi B^2}{4} l \text{ скл. м}^3;$$

$$V_n = V_c \cdot \delta = K_s \frac{\pi B^2}{4} l \cdot \delta \text{ м}^3; \quad (16)$$

$$Q = V_n \cdot \gamma = K_s \frac{\pi B^2}{4} \cdot l \cdot \delta \cdot \gamma T, \quad (17)$$

здесь K_s — отношение объема пакета (скл. м^3) к объему цилиндра с диаметром, равным высоте пакета (m), выражаемое формулой (10);

l и B — длина и высота пакета, m ;

δ — коэффициент полнодревесности (плотности укладки);

γ — объемный вес лесоматериала, $T/\text{м}^3$.

Определение натяжения в гибкой обвязке при свободном положении пакета на плоскости

При определении натяжения в гибкой обвязке поперечное сечение пакета рассматривают как образованное из трех частей (рис. 3): опорного конуса NKN' и двух боковых участков KMN и $KM'N'$.

Опорный конус расположен симметрично относительно центра пакета. Он воспринимает усилия с боковых участков и передает вес пакета на опорную поверхность. Его равновесие обеспечивается взаимодействием одинаковых по величине, но противоположно направленных сил на боковые поверхности NK и $N'K$.

Боковые поверхности испытывают давление результирующей силы натяжения в обвязке

$$T_0 = T_k + T_n \quad (18)$$

и весовую нагрузку от боковых частей пакета

$$Q_0 = \frac{1}{2} (Q - Q_0), \quad (19)$$

где Q — вес пакета;

Q_0 — вес лесоматериала в габаритах опорного конуса.

При разложении этих сил на составляющие по нормали к боковой поверхности и по линии параллельной ей находим

$$\left. \begin{aligned} T_{ок} &= T_0 \cdot \cos \alpha; & T_{он} &= T_0 \sin \alpha; \\ Q_{6к} &= Q_0 \sin \alpha; & Q_{6н} &= Q \cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

где α — угол наклона боковой поверхности к опорной плоскости.

Теперь из уравнения равновесия боковых частей на опорном конусе имеем

$$Q_{6к} - T_{ок} = (T_{он} + Q_{6н}) \mu$$

или, после математического преобразования с учетом значений составляющих величин, получаем

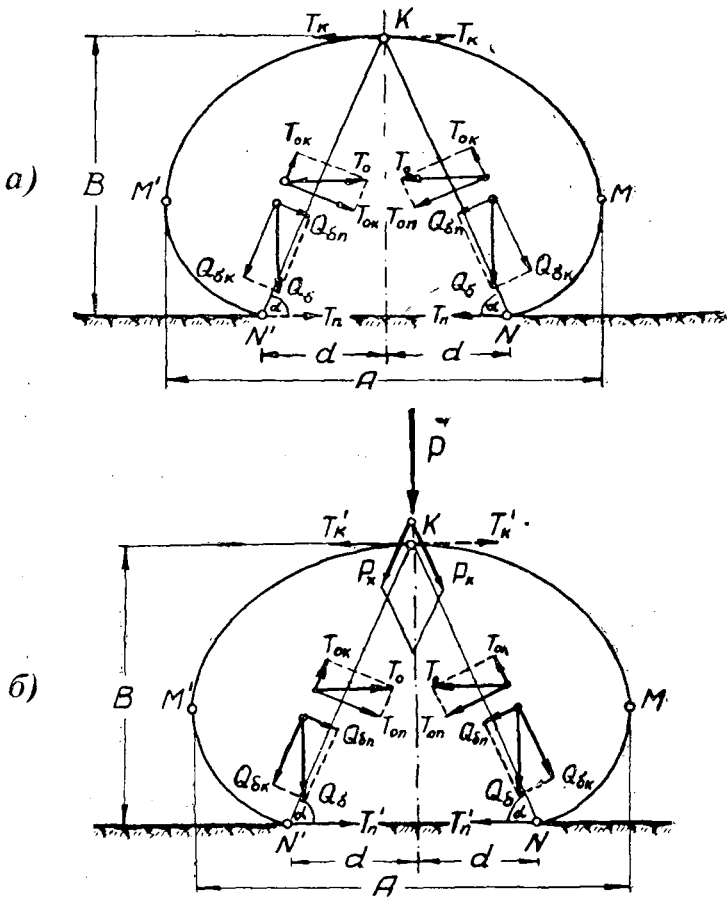


Рис. 3. Расчетные схемы определения натяжения гибкой обвязки.

а — при свободном положении пакета; б — при вертикальной нагрузке на пакет.

$$T_0 = \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\mu \sin \alpha + \cos \alpha} \cdot Q_0 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q_0}{Q} \right) \frac{2 - C \cdot C_d \cdot \mu}{2\mu + C \cdot C_d}, \quad (21)$$

здесь μ — коэффициент внутреннего трения лесоматериала в пакете, определяемый по зависимости

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi, \quad (22)$$

где φ — угол естественного обрушения, образуемый при снятии с пакета обвязки (рис. 1, в); его значение, как и в среде сыпучего материала, соответствует углу внутреннего трения. Значения величин $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ определены из геометрических параметров опорного конуса и пакета в целом.

$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{B}{\sqrt{B^2 + d^2}} = \frac{2}{\sqrt{4 + C^2 \cdot C_d^2}}; \\ \cos \alpha &= \frac{d}{\sqrt{B^2 + d^2}} = \frac{C \cdot C_d}{\sqrt{4 + C^2 \cdot C_d^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

При дальнейшем преобразовании вводят обозначение

$$\frac{T_n}{T_k} = m. \quad (24)$$

Численное значение коэффициента m устанавливают из опыта. С этой целью были проведены исследования 283 пакетов натуральных размеров диаметром пакетирования до 1,5 м при длине поленьев до 2,5 м путем измерений усилий T_n и T_k , коэффициента формы C и определения угла естественного обрушения φ после снятия обвязки.

При статистической обработке результатов наблюдений не установлено достоверной связи величин коэффициентов m и C , а взаимное положение величин m и μ характеризуется определенным наличием линейной связи в зоне $\mu = 0,25 \div 1,0$.

Однако, как и при исследованиях очертаний гибких бункеров, наполненных сыпучими материалами [2], [4], была установлена возможность применения закона

$$m = \sqrt[\lambda]{\operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)} = \sqrt[4]{\operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)}. \quad (25)$$

В принятой зависимости показатель радикала определяли по средним значениям статистических величин m и φ . Его значение соответствовало $\lambda = 4,13 \pm 0,44$, но для целей удобства практического использования применяют окончательное выражение $\lambda = 4,0$. Отличие его от расчетного составляет менее основной ошибки среднего значения и не превышает пятипроцентного уровня значимости постановки опыта.

Содержание выражения (25) является отражением и физической сущности явления. При $\mu = 0$, соответствующем жидкостной среде, получается $m = 1$, то есть усилие во всех точках обвязки (оболочки) одинаково. При $\mu = \infty$ $m = 0$.

Выражение (25) почти совпадает с корреляционным уравнением первого порядка.

Наибольшая разница вычисленных значений не превышает 1,56%, а мера совпадения Слуцкого имеет высокий показатель вероятности $P_{(x^2)} = 0,7964$. Поэтому выражение (25) вполне обоснованно может служить в качестве зависимости $m = f(\mu)$.

После этого из выражения (21) получаем

$$T_k = T_{max} = T = k_t Q, \quad (26)$$

$$\text{где } k_t = \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - k_q}{1 + m} \cdot \frac{2 - \mu C \cdot C_d}{2\mu + C \cdot C_d}; \quad (27)$$

$$k_q = \frac{S_0}{S} = \frac{Q_0}{Q} = \frac{2C_d}{\pi \{1 - 0,273 [1 - (C_d + \sqrt{1 - C_d})]\}} = \frac{2}{\pi} C \frac{C_d}{K_S}; \quad (28)$$

C ; C_d и m — соответственно определяются по выражениям (6), (7), (25).

Следовательно, натяжение в гибкой обвязке пакета на плоскости определяется соотношением осей, величиной коэффициента внутреннего трения заключенного в обвязку материала и весом пакета

$$T = f(C; \mu; Q).$$

*Определение натяжения в гибкой обвязке
при вертикальной нагрузке на пакет*

Вертикальная нагрузка на пакет вызывает дополнительные усилия в гибкой обвязке. При нагрузке наблюдается и некоторая деформация пакета, но она незначительна и поэтому в расчете усилий в гибкой обвязке не учитывается.

Расчетная схема показана на рис. 3, б. В этом случае равновесие боковых частей на опорном конусе обеспечивается с учетом составляющих вертикальной нагрузки

$$Q_{\text{бок}} - T'_{\text{ок}} + P_{\text{к}} = (T'_{\text{оп}} + Q_{\text{оп}}) \mu. \quad (29)$$

Следуя далее изложенной методике при определении усилия в гибкой обвязке пакета без нагрузки, после математических преобразований получаем окончательное выражение

$$T'_k = T'_{\text{max}} = T_p = k_t Q + k'_t P = T + T', \quad (30)$$

где

$$k'_t = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \frac{4 + C^2 C_d^2}{2\mu + C C_d}; \quad (31)$$

$$T' = k'_t P; \quad (32)$$

C ; C_d ; m и k_t — находят по формулам (6), (7), (25), (27).

Стало быть, определяющими факторами величины усилия в обвязке при вертикальной нагрузке являются соотношение осей, коэффициент внутреннего трения заключенного в обвязку материала, вес пакета и величина вертикальной нагрузки $T_p = f(C; \mu; Q; P)$.

Сравнительная оценка исследований

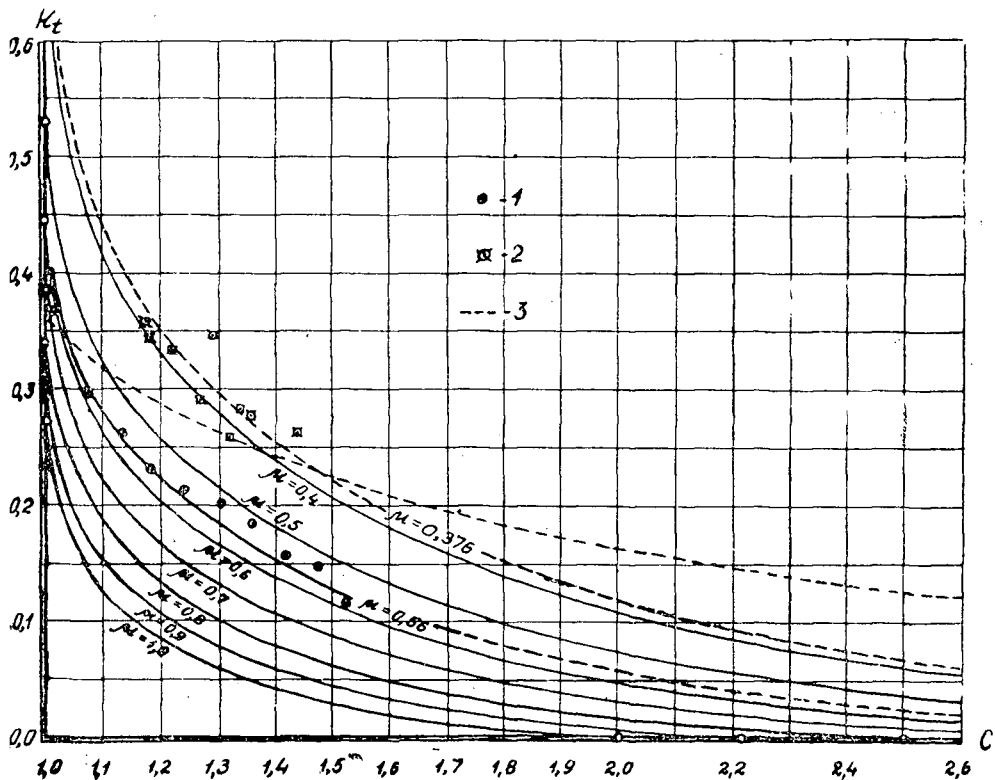
Правильность полученной зависимости (27) была проверена на опыте. На рис. 4 показаны опытные значения статистической обработки 222 наблюдений исследований усилий в гибкой обвязке пакетов сухих еловых балансовых чураков чистой окорки (длиной 1,5 м и диаметром пакетирования до 1,5 м, при измеренном коэффициенте внутреннего трения лесоматериала $\mu = 0,562 \pm 0,00825$).

Как видно из графика, кривая, построенная по зависимости (27), достаточно полно отражает закон распределения наблюдаемых значений. Она имеет вполне достаточный показатель вероятности меры совпадения Слуцкого $P_{(\gamma^2)} = 0,300$.

Возможность применения зависимости (27) была проверена при исследовании пакетов, которые имели коэффициенты внутреннего трения μ (0,534; 0,663; 0,684; 0,724; 0,807; 0,874, 0,966). Они показали, что в этих случаях зависимость (27) может служить выражением закона опытных значений.

Для сравнения на графике показаны девять опытных значений исследований 1932 г. [1]. Их положение также может быть охарактеризовано зависимостью (27) при коэффициенте внутреннего трения материала $\mu = 0,376$, который является правдоподобным для влажных пакетов, так как по методике постановки опытов пакеты неоднократно погружали в воду.

Зависимость (27) выражает и физическую сущность явления. При коэффициентах формы пакета, соответствующих обрушиванию боко-

Рис. 4. График $k_t = f(C; \mu)$.

1 — опытные значения исследований; 2 — значения исследований 1932 г.;
3 — значения кривой приняты по формуле ЦНИИЛесосплава.

вых сторон до угла естественного откоса ($C = \frac{2}{\mu}$), усилие на обвязку не передается, и по расчету получается нулевое значение (рис. 1, в).

Таким образом, имеются достаточные основания полагать, что изложенный метод расчета пакетов коротких лесоматериалов в гибкой обвязке на плоскости может иметь практическое применение при коэффициентах внутреннего трения $\mu = 0,376 \div 0,966$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Э. Арнштейн, Л. И. Пашевский. Пучковая сплотка и сопротивление движению пучковых плотов. Техинформация ЦНИИЛесосплава, 1932. [2]. В. А. Киселев. Рациональные формы арок и подвесных систем. ГИЛС и А, М., 1953. [3]. Ю. С. Сикорский. Элементы теории эллиптических функций с приложениями к механике. ОНТИ НКТП СССР, М.-Л., 1936. [4]. К. М. Хуберян. К теории гибких оболочек, нагруженных давлением жидких или сыпучих тел. Сообщения АН Грузинской ССР, № 1, т. VI, 1945.

Поступила в редакцию
31 декабря 1964 г.

УДК 634.0.377.72 : 634.0377.71

ИССЛЕДОВАНИЕ ВПИСЫВАНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД. МЕТОДОМ КИНОСЪЕМКИ

Г. А. КАЛИНИН

Кандидат технических наук

В. В. ЩЕЛКУНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Вопросы вписывания экипажей в стрелочные переводы представляют собой неотъемлемую часть общей проблемы взаимодействия пути и подвижного состава.

Стрелочные переводы не обеспечивают пропуска поездов со значительными скоростями как по прямому, так и, особенно, по боковому пути. Поэтому исследование характера движения по ним подвижного состава представляет значительный интерес. В статье приведены экспериментальные материалы о вписывании сцепа ЦНИИМЭ-ДВЗ при движении поезда на боковой путь, полученные в результате киносъемки.

Программой исследований было предусмотрено предварительное определение упругости пути в боковом направлении. Установлено, что изменения ширины колеи под поездной нагрузкой, измеренные вибрографами ВР-1 по длине нескольких стрелочных переводов, не идентичны. Однако сопоставление эпюр упругих отжатий для различных переводов позволяет отметить их некоторые общие черты.

При противошерстном движении состава в зоне перекатыwania колес с рамного рельса на остряк наблюдаются наибольшие уширения пути (до 3—4 мм) по сравнению с другими сечениями стрелки и переводной кривой. Исключения иногда составляют передний стык рамного рельса и предкрестовинный стык. Из-за слабого их закрепления в отдельных переводах измеренные упругие отжатия достигают 5—8 мм. По длине переводной кривой величины уширений составляют 1—3 мм. При пошерстном движении поезда эпюра отжатий изменяется. В зоне перекатыwania колес с остряка на рамный рельс упругие отжатия невелики. Они возрастают около корня остряка и в переднем вылете рамного рельса.

Исследование вписывания подвижного состава с помощью киносъемки проводили по методике М. А. Фришмана [2].

Вид вписывания, или расположение экипажа относительно рельсовой колеи, занимаемое при движении по кривой, как известно, вполне определяется зазорами между гребнями его колесных пар и рельсами.

Примененный метод исследования позволяет непрерывно фиксировать положение колеса экипажа на рельсе, а следовательно, и вид вписывания экипажа при движении его по стрелочному переводу.

Киносъемка качения колес выполнена для отдельных осей платформы сцепа Камбарского завода и всех осей сцепа ЦНИИМЭ-ДВЗ. Наличие четырех кинокамер «Киев 16 С-2» и надежного устройства для дистанционного включения и выключения их позволяло одновременно заснять характер вписывания двух тележек.

Киноаппараты на специальных устройствах устанавливали перед каждой осью сцепа на расстоянии 75 см от контакта колеса и рельса. С учетом их технических возможностей, фактических скоростей движения поездов (10—15 км/час) и необходимости непрерывной съемки 20—25 м пути (общая длина стрелочного перевода) частота киносъемки принята равной 48 кадрам в секунду. В этом случае на протяжении 1 м пути обеспечивается получение 11—17 кадров.

Для увязки снимков с фактическим положением колеса около наружного рельса по длине перевода закрепляли номерные знаки (опорные точки), попадающие при съемке в кинокадры. Перед началом опытов путем обмера устанавливали характеристики ходовых частей исследуемого экипажа и состояние стрелочного перевода. В случае необходимости путь приводили в соответствие с требованиями ПТЭ.

В результате применения киносъемки получены непрерывные фотоизображения (рис. 1) положения колеса на рельсе. Обработкой кинокадров с помощью микроскопа МБС-1 получены величины зазоров между гребнем колеса и направляющей нитью рельсовой колеи.

На рис. 2 приведен наиболее характерный случай качения колес направляющей тележки сцепа ЦНИИМЭ-ДВЗ по наружной нитке опытного стрелочного перевода в противоположном направлении. Графики дают покадровую зависимость зазора (δ , мм) между гребнем колеса и рабочей гранью головки рельса в функции пути. На горизонтальной оси (опорные точки), представляющей спрямленное изображение наружной рельсовой нити, в масштабе отложены точки, соответствующие началу рамного рельса — н.р., началу острьяка — н.о., концу острьяка — к.о., началу крестовины — н.к., концу крестовины — к.к. и фактическое по-

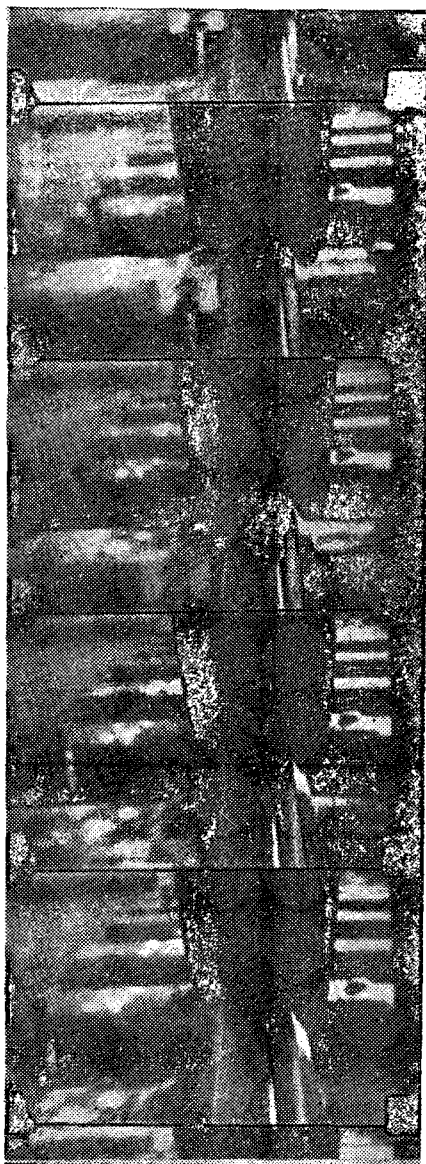


Рис. 1. Фотокопия кинокадров.

ложение номерных знаков. Положение колеса в большинстве этих опорных точек иллюстрировано фотокопиями кинокадров. Для всех колес сцепа зафиксировано их многократное прохождение по стрелочному переводу как в противошерстном, так и в пошерстном направлениях.

Анализ общего материала позволяет отметить следующие основные особенности качества колес в пределах стрелочных переводов.

Направляющие колеса тележек сцепа после удара в остряк идут прижатыми к рельсу. При этом наблюдаются их частые короткие смещения от линии нормального контакта. В основном они носят характер отхода колеса от рельса. Их величины составляют обычно не более 3—4 мм. В отдельных случаях наблюдаются боковые смещения в виде всползания гребня колеса на рельс (до 2—3 мм).

Колеса вторых осей тележек имеют зазор между ребордой и рельсом. При этом характерно, что если у первой тележки зазор δ имеет значительную величину (10—25 мм) по всей длине перевода, то у второй и третьей он несколько меньше, а у четвертой тележки и вторая колесная пара идет прижатой к наружному рельсу.

На всех графиках (рис. 2) в конце стрелочного перевода (между н.к. и к.к.) видны резкие смещения колеса. В действительности этот участок характеризует момент прохождения колесом вредного пространства. Резкое увеличение зазора δ на участке от горла крестовины до острия сердечника вызвано не боковым смещением колеса, а отходом в сторону хвостовой части усовика.

Материал киносъемки дает возможность установить наиболее вероятные зоны набегания колес экипажа на элементы перевода. В них, естественно, следует ожидать наибольших силовых воздействий подвижного состава на путь. Так, например, в пределах стрелки колеса сцепа набегают на остряк в зоне 25—75 см от его острия. Резкие боковые броски колес возникают при прохождении крестовины. Наблюдаются удары колес об острие сердечника крестовины.

Одним из важных факторов боковой динамики является стык рельсов, особенно передний стык рамного рельса и предкрестовинный. В них рельсовая колея часто образует «ступеньку», вызывающую значительные боковые смещения колеса.

С учетом фактических размеров колесных пар и ширины колеи рассчитаны [2] зазоры между ребордой и рельсом внутренней нити δ_v . При этом для направляющих осей тележек учтена горизонтальная упругость пути. Данные о качении колес направляющей и последней тележек сцепа представлены на рис. 3. На нем величины δ и δ_v по длине перевода даны не в покадровой функции пути, а для опорных точек и характерных переломов линии зазоров. Аналогичные графики получены для всех осей сцепов при противошерстном и пошерстном заездах опытного поезда. Они позволяют установить фактический характер прохождения экипажа в целом по стрелочному переводу.

Как известно [1], различают динамический и статический виды вписывания, каждый из которых может быть свободным и принудительным. Опытный материал свидетельствует о том, что при противошерстном движении сцепа его первые три тележки на всем протяжении перевода занимают положения, соответствующие статическому свободному вписыванию. У последней тележки сцепа (рис. 3) вторая ось заносится к наружной нити колеи. При этом если в зоне стрелки и в начале переводной кривой наблюдается боковое влияние второй оси, то на центральной части кривой имеет место установившееся динамическое свободное вписывание этой тележки.

При пошерстном движении поезда все тележки сцепа при входе на переводную кривую обычно имеют динамическое свободное вписывание, а на остальной протяжении — статическое свободное.

Одной из важнейших характеристик стрелочных переводов является угол удара колес подвижного состава в остряк. Считается, что при прямых остряках он равняется углу между рабочими гранями рамного рельса и остряка и не зависит от величины зазора между колесом и рельсом. Однако, как показали материалы киносъемки, при наличии перекоса тележки при подходе к стрелке угол удара тележки зависит от начального ее положения в рельсовой колее.

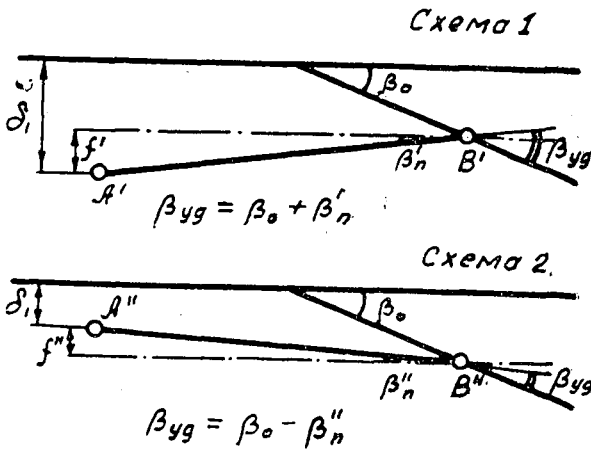


Рис. 4. Возможные положения тележки в момент удара направляющего колеса в остряк.

На рис. 4 даны схемы возможного положения тележки в момент ее удара в остряк. Линии А'В' и А''В'' условно представляют положение тележки с жесткой базой *l* относительно наружной нити рельсовой колее. Как видно, в зависимости от положения тележки в рельсовой колее углы удара могут быть равны

$$\left. \begin{aligned} \beta'_{уд} &= \beta_0 + \beta'_n \text{ (схема 1);} \\ \beta''_{уд} &= \beta_0 - \beta''_n \text{ (схема 2),} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

здесь $\beta_{уд}$ — угол удара тележки при входе в стрелку;
 β_0 — угол между рабочими гранями рамного рельса и остряка;
 β_n — угол перекоса тележки при подходе к стрелке.

Соответственно углы перекоса тележки равны

$$\left. \begin{aligned} \beta'_n &= \arcsin \frac{f'}{l} \text{ (схема 1);} \\ \beta''_n &= \arcsin \frac{f''}{l} \text{ (схема 2),} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где f' и f'' — расстояние от оси, проведенной параллельно рамному рельсу из точки удара переднего колеса в остряк, до точки А' или, соответственно, А''.

Данные киносъемки позволяют определить углы перекоса тележек по формуле (2). Для этого необходимо изобразить графически в

крупном масштабе (в нашем случае 1 : 2) положение оси AB (рис. 4) относительно рельсовой колеи, по которому находят действительные величины f' и f'' .

Результаты определения фактических углов набегания первой тележки сцепы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Углы	Положение тележки, см			
	25	50	100	165
β_0	2°13'	2°13'	2°13'	2°13'
$\beta_{п}$	0°33'*	0°33'	1°09'	0°50'
$\beta_{уд}$	2°46'	1°40'	1°04'	0°23'

* Установка тележки по схеме 1 (рис. 4); в остальных положениях — по схеме 2.

Положения тележки определяются расстоянием направляющего колеса от острья пера. Все они выбраны для условий наибольшего перекоса тележки.

Из приведенных данных видно, что наибольший угол набегания тележка имеет в момент входа на стрелку. Следует подчеркнуть, что численное значение этого угла превосходит угол β_0 . По мере прохождения тележкой острья происходит непрерывное уменьшение угла набегания.

Для других тележек сцепы величины углов удара составляют: для второй — 2°15', для четвертой — 2°10'.

Таким образом, применение метода кино съемки позволило уточнить ряд вопросов взаимодействия пути и подвижного состава в пределах узкоколейных стрелочных переводов. Определены виды вписывания наиболее распространенного типа лесовозного прицепного состава — сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ, в то время как теоретическое изучение этого вопроса весьма затруднительно вследствие большого разнообразия факторов, обуславливающих действительное поведение экипажа в кривой. Материалы кино съемки свидетельствуют о том, что движение колеса по кривой представляет сложный процесс, сопровождающийся непрерывным вползанием и соскальзыванием его по головке рельса. Резкое изменение направления колеи в пределах стрелки и крестовины, слабость стыков повышают боковую динамику экипажа. Установлено также, что для тележек с небольшой жесткой базой, характерных для современного узкоколейного подвижного состава, фактические углы удара в остряк могут превышать угол между рабочими гранями рамного рельса и остряка. Указанное обстоятельство, определяемое возможностью перекоса тележки при подходе к стрелке, влечет резкое увеличение силового воздействия экипажа на путь.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериго, В. Н. Данилов, М. А. Фришман. Взаимодействие пути и подвижного состава. Трансжелдориздат, М., 1956. [2]. М. А. Фришман. Исследования взаимодействия пути и подвижного состава методом кино съемки. Трансжелдориздат, М., 1953.

УДК 304.62 : 634.0.377.71 (571.1)

ВСПЛЫВАНИЕ (КАЧЕНИЕ) БРЕВНА ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ*

В. Я. ХАРИТОНОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В опубликованных ранее сообщениях [4], [5] выявлены закономерности движения бревна при свободном всплывании из горизонтального положения и по инерции, после прекращения действия вертикально направленной затопляющей силы.

Всплывание бревен по направляющим, расположенным под углом к свободной поверхности, имеет место в механизмах, использующих силу плавучести бревен для разделения или сортировки их, либо для передачи бревна с одного органа на другой под водой.

Исследуемый вопрос имеет также теоретический интерес с точки зрения взаимодействия тела и жидкости при сложении двух движений: поступательного — вдоль направляющих и вращательного — вокруг продольной оси тела.

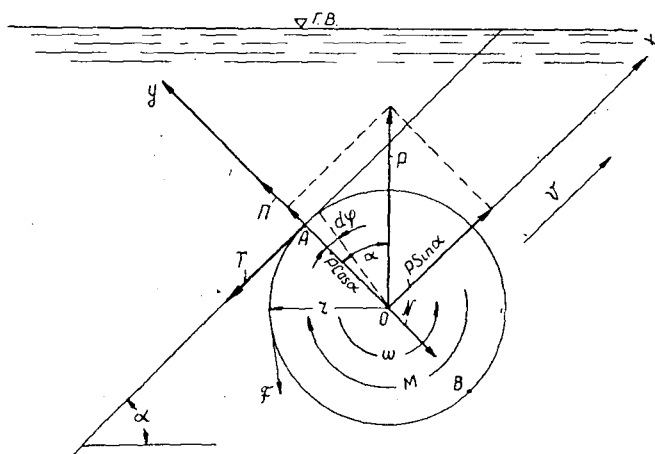


Рис. 1. Расчетная схема.

Поступательное движение бревна вызывается составляющей силы плавучести, вращательное — парой сил, образованной этой составляющей и силой трения бревна о направляющие (рис. 1).

* Работа выполнена под руководством проф. Г. А. Манухина.

Рассмотрим характер действующих сил на бревно, предварительно сделав следующие допущения: 1) полагаем бревно по форме близким к цилиндрической с круговым поперечным сечением; 2) древесина бревна имеет одинаковую плотность по всему объему; 3) движение происходит в безграничной жидкости.

Сила плавучести бревна P , приложенная в центре тяжести его объема, или, что то же в нашем случае, в центре тяжести, может быть выражена формулой

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \cdot (\gamma_0 - \gamma),$$

где d и l — соответственно диаметр и длина бревна, m ;

γ_0 — удельный вес воды, n/m^3 ;

γ — объемный вес бревна, n/m^3 .

Составляющая этой силы по оси x $P \cdot \sin \alpha$ является силой, вызывающей движение бревна, составляющая по оси y $P \cdot \cos \alpha$ нормальна направлению и создает силу трения, направленную обратно поступательному движению бревна.

При вращении бревна возникает сила гидравлического сопротивления трения жидкости F , направленная в сторону вращения. По квадратичному закону сопротивления эта сила *

$$F = 3 \cdot \eta \cdot \rho_0 \cdot S \cdot \frac{v^2}{2},$$

где η — коэффициент сопротивления трения жидкости. По данным исследований ЦНИИЛесосплава, для бревен $\eta = 0,01$;

ρ_0 — плотность воды, kg/m^3 , $\rho_0 = \frac{\gamma_0}{g}$;

S — площадь боковой поверхности бревна, m^2 . $S = \pi \cdot d \cdot l$;

v — окружная скорость точек поверхности бревна, $m/сек$. При отсутствии скольжения по направляющим она равна поступательной скорости движения бревна, а касательная скорость жидкости меняется от v в точке B до $3v$ в точке A (рис. 1).

Уподобляя движение бревна по направляющим поступательному движению однородного конечного цилиндрического вихря в жидкости, следует отметить два фактора: во-первых, отсутствие ** при сложении этих двух движений гидродинамической силы лобового сопротивления поступательному движению и, во-вторых, возникновение подъемной силы Жуковского — Кутта, направленной нормально направляющим (эффект Магнуса).

Величину последней силы определяют по формуле

$$\Pi = \rho_0 \cdot v \cdot \Gamma \cdot l,$$

где Γ — циркуляция скорости частиц жидкости вокруг оси динамического вращения. По окружности цилиндра циркуляция

$$\Gamma = 2 \pi \cdot v \cdot r;$$

r — радиус бревна, m .

Тогда

$$\Pi = \pi \cdot \rho_0 \cdot d \cdot l \cdot v^2.$$

* Коэффициент 3 в формуле для F получен при интегрировании. Он учитывает изменение касательной скорости частиц жидкости на поверхности бревна.

** Теоретически, в действительности некоторое лобовое сопротивление есть.

В точке соприкосновения бревна и направляющих возникает сила трения скольжения T , равная

$$T = f \cdot N = f(P \cdot \cos \alpha + \Pi),$$

где f — коэффициент трения скольжения бревна по направляющим;
 N — нормальная составляющая реакции направляющих в точке соприкосновения, n .

Вращению бревна оказывает противодействие момент сил сопротивления качению, определяемый по формуле

$$M = k \cdot N = k(P \cdot \cos \alpha + \Pi),$$

где k — коэффициент трения качения, m .

Выяснив действующие силы, составим уравнение движения бревна. Для этого воспользуемся двумя положениями: теоремой Кенига о том, что кинетическая энергия тела равна сумме кинетической энергии тела в его переносном (поступательном) движении вместе с центром инерции и кинетической энергии тела в его относительном движении (по отношению к центру инерции); законом кинетической энергии, по которому изменение последней равно сумме работ задаваемых сил.

Для бесконечно малого перемещения бревна можно написать

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{mv^2}{2} \right) + \frac{d}{dt} \left(\frac{\lambda_x \omega^2}{2} \right) + \frac{d}{dt} \left(\frac{I_0 \omega^2}{2} \right) + \frac{d}{dt} \left(\frac{\lambda_{xy} \cdot \omega^2}{2} \right) = \\ = P \cdot \sin \alpha \cdot \frac{dh}{dt} + (F \cdot r - M) \frac{d\varphi}{dt}, \end{aligned} \quad (1)$$

здесь m — масса бревна, $кг$;

λ_x — присоединенная масса, $кг$;

I_0 — момент инерции бревна относительно его продольной оси, $кг \cdot м^2$;

ω — угловая скорость вращения бревна, $рад/сек$;

λ_{xy} — присоединенный момент инерции, $кг \cdot м^2$;

h — путь, проходимый бревном при его поступательном движении, $м$;

φ — угол поворота бревна при его вращении (качении), $рад$.

Работа силы T равна нулю, так как точка соприкосновения A является мгновенным центром вращения.

Присоединенную массу для тел вращения с большим удлинением, в частности для цилиндра, при неустановившемся движении в направлении, нормальном его продольной оси, можно определять по формуле

$$\lambda_x = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \cdot \rho_0.$$

Момент инерции

$$I_0 = \frac{1}{2} m r^2.$$

Угловая скорость

$$\omega = \frac{v}{r}.$$

Присоединенный момент инерции относительно оси симметрии [3],

$$\lambda_{xy} = 0.$$

С учетом изложенного, заменив $d\varphi = \frac{dh}{r}$, получаем.

$$m \cdot v \cdot dv + \lambda_x \cdot v \cdot dv + m \cdot \frac{v}{2} dv = \left(P \sin \alpha + F - \frac{M}{r} \right) \cdot dh.$$

После некоторых преобразований находим

$$dh = \frac{\left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \cdot v \cdot dv}{g \left(\frac{\gamma_0}{\gamma} - 1 \right) \left(\sin \alpha - \frac{2k}{d} \cdot \cos \alpha \right) + \frac{2}{d} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma} \left(3\eta - \frac{4k}{d} \right) \cdot v^2}. \quad (2)$$

Обозначим

$$\begin{aligned} a &= g \left(\frac{\gamma_0}{\gamma} - 1 \right) \left(\sin \alpha - \frac{2k}{d} \cdot \cos \alpha \right); \\ b &= \frac{2}{d} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma} \left(3\eta - \frac{4k}{d} \right); \\ v^2 &= u, \text{ тогда } v \cdot dv = \frac{du}{2}. \end{aligned}$$

Подставляя эти значения в формулу (2), получаем

$$dh = \left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \cdot \frac{du}{2(a + bu)}.$$

Интегрируя это выражение от 0 до v , имеем

$$h = \frac{1}{2b} \left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \cdot \ln \frac{a + b \cdot v^2}{a}.$$

Определим из этого уравнения скорость движения бревна, для этого представим его так:

$$e^{\frac{2h \cdot b}{3/2 + \gamma_0/\gamma}} = \frac{a + bv^2}{a}$$

или

$$bv^2 = ae^{\frac{2h \cdot b}{3/2 + \gamma_0/\gamma}} - a,$$

откуда

$$v = \sqrt{\frac{a}{b} \left(e^{\frac{2h \cdot b}{3/2 + \gamma_0/\gamma}} - 1 \right)}. \quad (3)$$

Или подставляя значения величин a и b , окончательно имеем

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot d \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0} \right) \left(\sin \alpha - \frac{2k}{d} \cos \alpha \right)}{2 \left(4 \frac{k}{d} - 3\eta \right)} \cdot \left[1 - e^{-\frac{4h \left(4 \frac{k}{d} - 3\eta \right)}{d \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_0} + 1 \right)}} \right]}. \quad (3')$$

Зависимость (3') дает возможность определить скорость поступательного движения бревна по направляющим или равную ей окружную скорость вращения (качения) бревна при отсутствии скольжения.

На рис. 2 приведены кривые $v = f(h)$ для различных диаметров бревен, при $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, $\eta = 0,01$, $k = 0,0015 \text{ м}^*$, $\alpha = 45^\circ (0,7854 \text{ рад})$.

* Значение k принято сугубо ориентировочно.

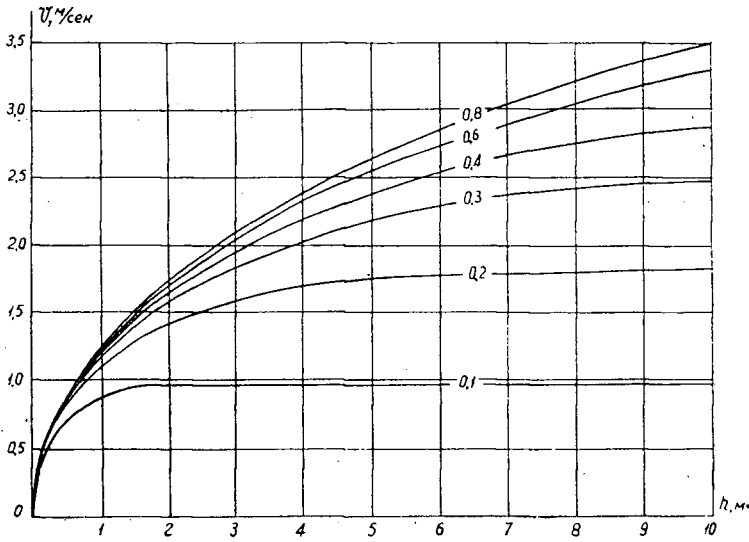


Рис. 2. Кривые зависимости $V = f(h)$ при $\alpha = 0,7854 \text{ рад}$,
 $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, $\eta = 0,01$, $k = 0,0015 \text{ м}$.
 На кривых обозначены диаметры бревен, м.

При выводе зависимости для скорости мы допускали отсутствие скольжения бревна по направляющим. Установим, при каких условиях это допущение справедливо. Для этого составим дифференциальные уравнения движения бревна таким образом:

$$(m + \lambda_x) \cdot x''_0 = P \cdot \sin \alpha - T; \tag{I}$$

$$(m + \lambda_y) \cdot y''_0 = -N + \Pi + P \cdot \cos \alpha; \tag{II}$$

$$I_0 \cdot \omega' + \lambda_{xy} \cdot \omega' = T \cdot r - M + F \cdot r, \tag{III}$$

здесь x''_0 — ускорение движения бревна по оси x ;
 y''_0 — ускорение движения бревна по оси y ;
 ω' — угловое ускорение вращения (качения) бревна.

Поскольку направляющие полагаем неподвижными, то $y''_0 = 0$. Из условия качения без скольжения можем написать

$$x'_0 = \omega r \text{ и } x''_0 = r \omega'.$$

Подставляя это значение в выражение (I) и заменив $\lambda_x = m \frac{\rho_0}{\rho}$,
 имеем

$$m \left(1 + \frac{\rho_0}{\rho} \right) \cdot r \cdot \omega' = P \cdot \sin \alpha - T$$

или

$$m \cdot r \cdot \omega' = \frac{P}{1 + \frac{\rho_0}{\rho}} \sin \alpha - \frac{T}{1 + \frac{\rho_0}{\rho}}. \tag{I'}$$

Уравнение (III) можно написать так:

$$m \cdot r_n^2 \cdot \omega' = T \cdot r - M + F \cdot r, \quad (III')$$

где r_n — радиус инерции бревна, m . Для цилиндра $r_n = \frac{r}{\sqrt{2}}$.

Умножив уравнение (III') на r , а уравнение (I') на $-r_n^2$ и сложив их, получаем

$$\frac{P \cdot r_n^2}{1 + \frac{\rho_0}{\rho}} \cdot \sin \alpha - \frac{T \cdot r_n^2}{1 + \frac{\rho_0}{\rho}} - T \cdot r^2 + M \cdot r - F \cdot r^2 = 0,$$

откуда

$$T = \frac{\frac{P \cdot r_n^2}{1 + \rho_0/\rho} \cdot \sin \alpha + M \cdot r - F \cdot r^2}{\frac{r_n^2}{1 + \rho_0/\rho} + r^2}.$$

Сила T должна удовлетворять неравенству

$$T \leq (P \cdot \cos \alpha + \Pi) \cdot f.$$

Тогда

$$f \geq \frac{\frac{P \cdot r_n^2}{1 + \rho_0/\rho} \cdot \sin \alpha + M \cdot r - F \cdot r^2}{\left(\frac{r_n^2}{1 + \rho_0/\rho} + r^2\right) \cdot (P \cdot \cos \alpha + \Pi)}. \quad (4)$$

Это значение коэффициента трения скольжения бревна по направляющим обеспечивает качение без скольжения.

Для вывода расчетной формулы вводим значение величин P , M , F , Π и r_n в зависимость (4).

В результате довольно сложных преобразований получаем

$$\begin{aligned} &> \frac{2 \left(1 + \frac{\gamma_0}{\gamma}\right)}{d \left(\frac{3}{2} + \frac{\gamma_0}{\gamma}\right)} \\ &\frac{\frac{d}{2} (\gamma_0 - \gamma) \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 + \gamma_0/\gamma} + \frac{2k}{d} \cdot \cos \alpha\right) + \frac{\gamma_0}{g} \cdot v^2 \cdot \left(\frac{4k}{d} - 3\eta\right)}{(\gamma_0 - \gamma) \cdot \cos \alpha + \frac{\gamma_0}{g} \cdot \frac{4}{d} \cdot v^2}. \quad (4') \end{aligned}$$

При трогании с места, то есть при $v = 0$, после преобразований зависимость (4') будет выглядеть так:

$$f_{v=0} \geq \frac{0,5}{3/2 + \gamma_0/\gamma} \cdot \left[\operatorname{tg} \alpha + \frac{4k}{d} \left(1 + \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \right]. \quad (5)$$

При максимальной скорости, которую достигает бревно при всплывании по направляющим, значение f найдем, введя в зависимость (4') величину v_{max} из формулы (3')

$$v_{max} = \sqrt{\frac{d \cdot g \left(\sin \alpha - \frac{2k}{d} \cos \alpha\right) \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}{2 \left(4 \frac{k}{d} - 3\eta\right)}}.$$

После преобразований получаем

$$f_{vmax} \geq \frac{\frac{2k}{d} - \frac{3}{2} \eta}{1 - \frac{3}{2} \eta \cdot \operatorname{ctg} \alpha} \quad (6)$$

На рис. 3 приведены кривые зависимости минимального коэффициента трения f от угла наклона направляющих, при котором не будет скольжения бревна по направляющим.

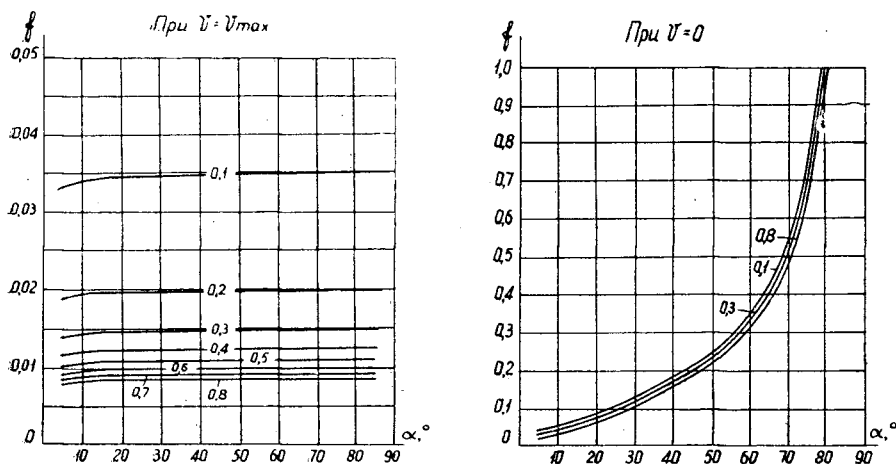


Рис. 3. Кривые зависимости $f = \psi(\alpha)$ при $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, $\eta = 0,01$, $k = 0,0015 \text{ м}$.
На кривых обозначены диаметры бревен, м.

По данным справочника «Водный транспорт леса» [2], величина коэффициента мокрого трения дерева по дереву находится в пределах 0,4, в работе И. Я. Андрейчука [1] значение f несколько меньше*.

Анализируя кривые рис. 3, можно сказать, что при всплывании бревна по направляющим с наклоном до 60° к поверхности уровня скольжение при трогании с места отсутствует, при большем угле оно возможно. После того, как бревно разовьет скорость, скольжение исключается практически при любом угле наклона направляющих.

Выводы

1. При всплывании по направляющим бревно катится без скольжения, за исключением начального момента движения по направляющим с углом наклона 60° и более (для $k = 0,0015 \text{ м}$).

2. Движение бревна ускоренное, причем скорость сначала интенсивно возрастает, а затем асимптотически приближается к максимальному значению. Величина скорости растет с уменьшением плотности древесины, увеличением диаметра бревна и угла наклона направляющих.

* В нашем случае имеет место трение покоя, при котором величина f больше, чем при движении.

3. Характер всплывания бревна по направляющим и величина коэффициента трения качения k нуждаются в экспериментальном исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. Я. Андрейчук. Коэффициент трения бревна по мокрому лотку. Труды Кавказского филиала ЦНИИМЭ, вып. 1, Тбилиси, 1953. [2]. Водный транспорт леса. Справочник, Гослесбумиздат, М., 1963. [3]. И. С. Римап, Р. Л. Крепс. Присоединенные массы тел различной формы. Труды ЦАГИ, вып. 635, 1947. [4]. В. Я. Харитонов, Г. А. Манухин. К вопросу о подводном перемещении бревен при сортировочно-сплоточных работах на сплавных рейдах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1964. [5]. В. Я. Харитонов, Г. А. Манухин. К вопросу о подводном перемещении бревен при сортировочно-сплоточных работах на сплавных рейдах (сообщение 2). ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1965.

Поступила в редакцию
30 июня 1965 г.

УДК .004.62 : 634.0.377.71 (571.1)

ИЗНОС УЗКОКОЛЕЙНЫХ РЕЛЬСОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С. Г. ОСКОЛКОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Для технико-экономических расчетов в путевом хозяйстве железных дорог часто требуются данные по износу рельсов. Грузооборот железнодорожного транспорта в нашей стране стремительно растет, поэтому продление сроков службы рельсов представляет собой серьезную экономическую проблему. Для успешного решения этой проблемы, создания износостойчивых рельсов необходимо знать не только численные значения параметра износа, но и скорость его нарастания и влияющие на него факторы.

За параметр износа рельсов обычно принимают коэффициент удельного износа β , представляющий собой уменьшение площади поперечного сечения головки рельса при пропуске по ним груза в 1 млн. T $\frac{мм^2}{млн. T \text{ брутто} \cdot км/км}$ брутто. Коэффициент β измеряется в

В отличие от дорог нормальной колеи, для дорог колеи 750 мм вопрос износа рельсов мало исследован. В течение 1948—1963 гг. этим вопросом занимались Б. И. Кувалдин [1], М. Н. Торгонский [6], А. И. Смирнов и др. [3], причем только первые два исследования относятся к лесовозным дорогам.

В связи с ростом сети железных дорог колеи 750 мм и повышением грузонапряженности лесовозных дорог увеличивается и количество рельсов, снимаемых с пути по износу. Рост сети железных дорог колеи 750 мм за период с 1940 по 1961 г. графически показан на рис. 1.

Семилетним планом предусмотрено в 1965 г. довести объем вывозки древесины по узкоколейным железным дорогам до 72 млн. $м^3$.

Большой грузооборот узкоколейных дорог, их значительная протяженность (только на постоянных путях в пересчете на рельсы Р18 уложено рельсов общим весом более 2 млн. T) с достаточной убедительностью говорят о необходимости организации всесторонних исследований износа узкоколейных рельсов в целях не только накопления необходимого экспериментального материала по износу рельсов, но и разработки практических рекомендаций по улучшению эксплуатационных качеств узкоколейных рельсов, увеличению их износостойкости, улучшению прочностных характеристик. Такие рекомендации крайне необходимы для разработки нового ГОСТа на узкоколейные рельсы.

Автор определял износ рельсов на Тимирязевской и Уткинской лесовозных узкоколейных железных дорогах Томской области в течение

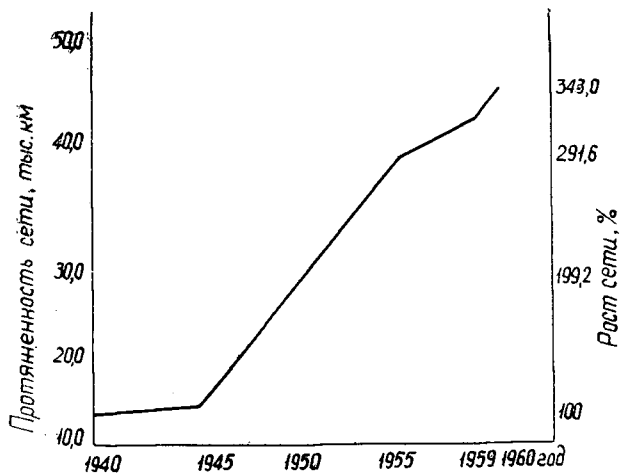


Рис. 1. Рост сети узкоколейных железных дорог по годам.

1959—1964 гг. Методика исследования разработана с учетом большого опыта, накопленного многочисленными рельсовыми комиссиями и рельсовой лабораторией ЦНИИ МПС.

Тимирязевская и Уткинская ужд, краткая характеристика которых приведена в табл. 1, — наиболее характерные дороги для Томской области в частности и для Западной Сибири вообще. Опытные участки дорог выбирали таким образом, чтобы иметь большой диапазон радиусов кривых, подъемов и спусков в грузовом и порожнем направлениях (от 0 до 27⁰/₀₀), различный тоннаж, пропущенный по рельсам. Методика учитывала, что значительные спуски в грузовом направлении характерны для узкоколейных дорог Томской области. Исследованию подвергали только рельсы Р18 и Р24, изготовленные на Кузнецком металлургическом комбинате. Методика предусматривала установить влияние на износ рельсов различного процентного содержания углеро-

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Тимирязевская ужд	Уткинская ужд
Развернутая длина дороги	км	165	28
Средний годовой грузооборот	млн. т брут-то	0,65	0,40
Род тяги	—	Паровозная	
Нагрузка на ось локомотива	т	6,5	4,0
Нагрузка на ось лесовозного сцепа	—	4,0	4,0
Средняя скорость движения с грузом	км/час	25,0	15,0
Руководящий подъем	‰	9,0	9,0
Максимальный спуск с грузом	—	19,0	27,0
Минимальный радиус кривых	м	150,0	100,0
Тип рельсов на магистрали	—	Р18, Р24	Р18
Материал балластной призмы	—	Мелкозернистый песок	
Расчетный модуль упругости предрельсового основания	кг/см ²	71,40	50,0
Число шпал на 1 км пути	шт./км	2130	1625
Качество текущего содержания пути	—	Хорошее	Неудовлетворительное
Состояние концов рельсов в пути	—	Сильно смяты	Хорошее

да в составе рельсовой стали, путем проведения химического анализа образцов рельсов, находящихся в пути.

Особенности конструкции пути и его техническое состояние определяли натурными наблюдениями, измерениями и обследованиями опытных участков пути. Микропрофиль опытных участков составляли путем нивелирования. Величины радиусов кривых вычисляли непосредственным измерением стрел прогибов для хорд длиной 10 м. Пропущенный по рельсам тоннаж определяли по точным бухгалтерским данным.

Каждый рельс (по обеим нитям пути) на опытных участках пути измеряли в пяти сечениях, которые расположены от концов рельса на расстояниях 200, 2000, 4000 мм. В каждом сечении находили ширину головки рельса и его высоту снаружи и внутри колеи.

В связи с сильным смятием концов рельсов, имеющим место на Тимирязевской ужд, крайние сечения расположены на расстоянии 200 мм от концов. Если высоты износа рельсов замерять непосредственно у концов, то величина удельного износа рельсов будет значительно (и необоснованно) завышена. Точность измерения высоты износа рельсов 0,05 мм. С наиболее характерных по износу рельсов снимали поперечные профили путем вырезания образцов с помощью рельсорезного станка. Толщина их 5—15 мм. Всего произведено 11 000 измерений в 3500 сечениях рельсов и снято 45 поперечных профилей рельсов. Площадь износа головки вычисляли по высоте износа аналитически на основании известных геометрических формул.

Поперечные профили вычерчивали на миллиметровой бумаге. Площадь износа рельсов по профилям определяли путем подсчета на миллиметровке.

В результате статистической обработки опытных данных находили средние арифметические значения величин высоты износа рельсов $h_{\text{ср}}$ и средние квадратические отклонения высоты износа рельсов σ , дисперсию D и коэффициенты вариации C_v для каждого опытного участка пути. Определяли коэффициент удельного износа рельсов β и составляли точечный график зависимости высоты износа головки рельса от пропущенного тоннажа. Химический состав рельсовой стали по нашим образцам был установлен специалистами центральной лаборатории Мытищинского машиностроительного завода. Краткая техническая характеристика узкоколейных дорог Томской области, на которых определяли износ рельсов, приведена в табл. 1.

В табл. 2 приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных по износу рельсов на Уткинской и Тимирязевской узкоколейных дорогах.

В соответствии со значениями коэффициентов β , приведенными в табл. 2, среднее значение β для Тимирязевской ужд равно 6,63, а для Уткинской 8,63 $\left(\frac{\text{мм}^2}{\text{млн. } T \text{ брутто}}\right)$. Из таблицы видно, что порядок значений довольно устойчив и весьма мало отличается от средних. Значительное отклонение β в сторону увеличения наблюдается на очень крутых подъемах и спусках и на кривых участках пути с очень малыми радиусами.

В результате обработки опытных данных по износу рельсов методом наименьших квадратов получены следующие формулы, выражающие зависимость высоты износа рельсов от пропущенного по ним тоннажа, соответственно для Уткинской и Тимирязевской ужд:

$$h = 0,27Q + 0,38 \text{ мм}; \quad (1)$$

$$h = 0,207Q + 0,08 \text{ мм}. \quad (2)$$

Таблица 2

№ п/п.	План пути, радиус кривой R, м	Пропущенный по участкам тоннаж Q, млн. Т брутто	Продольный профиль пути		Средняя высота износа рельсов h _{ср.} , мм	Среднее квадратическое отклонение высоты износа головки рельса δ, мм	Коэффициент усталостного износа рельсов β, мм ²	Число замеренных сечений рельсов	При мечание
			подъем с грузом i _{п.} , ‰	спуск с грузом i _{сп.} , ‰					
Уткинская ужд									
I	Прямая	2,40	—	2	0,89	0,22	6,67	180	
I	"	2,40	—	6	0,90	0,09	6,67	60	
I	Кривая R=145	2,40	—	2	0,96	0,18	8,13	120	
I	Прямая	2,40	—	17	0,88	0,10	6,63	120	
II	Кривая R=180	2,51	5	—	0,89	0,095	6,63	120	
III	Прямая	1,76	—	19	1,10	0,18	11,40	120	
III	"	1,76	—	18	1,03	0,08	11,20	120	
III	"	1,76	—	22	0,96	0,05	11,05	80	
III	"	1,76	—	13	0,86	0,12	9,00	120	
III	"	1,76	8	—	0,87	0,22	9,00	120	
III	Кривая R=125	1,76	—	27	1,01	0,11	11,15	80	
III	" R=200	1,76	—	7	0,48	0,086	5,68	120	
IV	Прямая	2,22	5	—	0,95	0,032	8,80	60	
IV	Кривая R=150	2,22	9	—	1,03	0,09	8,84	80	
Тимирязевская ужд									
I	Прямая	2,35	—	12	0,81	0,25	5,51	180	
II	"	3,35	6	—	0,65	0,22	3,47	210	
III	"	5,30	10	—	1,40	0,28	5,00	180	
IV	"	5,85	—	4	1,51	0,36	4,95	190	
V	"	5,85	14	—	1,95	0,54	8,35	80	
VI	Кривая R=180	6,45	—	15	2,13	0,35	7,76	170	
VII	Прямая	7,10	—	3	1,73	0,36	4,51	130	
VIII	"	7,35	5	—	1,80	0,31	4,70	180	
VIII	"	7,35	—	15	2,24	0,26	7,76	150	
2	"	4,054	—	5	0,78	0,19	4,69	160	
1	"	2,531	2	—	0,70	0,15	6,65	80	
1	"	2,631	—	9	0,75	0,08	7,23	90	
2	Кривая R=220	4,054	9	—	0,82	0,15	4,69	190	Рельсы Р24 с содержанием углерода до 0,72%
IX	Прямая	8,87	15	—	3,35	0,41	8,30	12	
X	"	7,30	—	17	3,00	0,30	8,65	15	
XI	Кривая R=165	7,00	18	—	2,80	0,21	8,76	9	
II	Прямая	4,054	—	16	1,63	0,25	8,23	6	
II	Кривая R=150	4,054	14	—	1,82	0,19	10,10	6	

Интенсивность возрастания вертикального износа головки рельсов для прямых участков пути по тем же дорогам определяется соответственно выражениями

$$h = 0,435Q + 0,93 \text{ мм}; \quad (3)$$

$$h = 0,27Q + 1,51 \text{ мм}. \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4) свободный член представляет собой среднюю высоту износа рельсов в момент измерения. Необходимые расчеты показывают, что среднее значение коэффициента износа рельсов по опытным данным, полученным на Уткинской и Тимирязевской узкоколейных дорогах, оказывается равным $\beta = 7,32 \frac{\text{мм}^2}{\text{млн. Т брутто}}$.

На рис. 2 и 3 изображены графики зависимости высоты износа рельсов от пропущенного по рельсам тоннажа. На рис. 4 графически

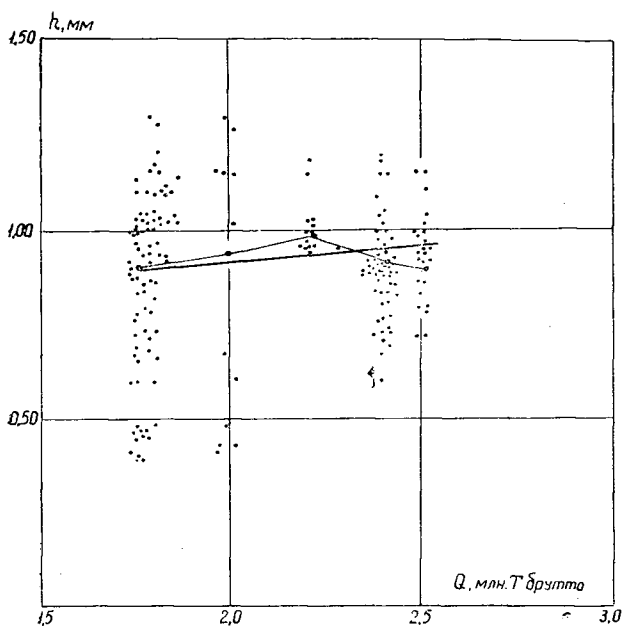


Рис. 2. Зависимость износа рельсов от пропущенного тоннажа, построенная по опытным данным, полученным на Уткинской узкоколейной дороге.

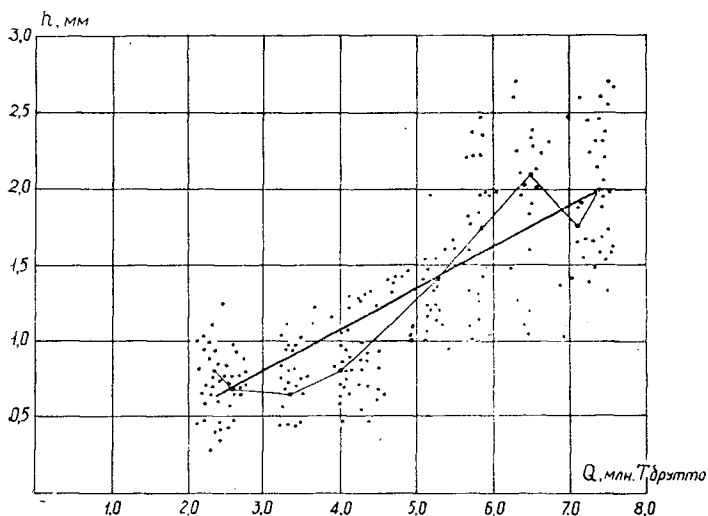


Рис. 3. График зависимости высоты износа рельсов от пропущенного по рельсам тоннажа по опытным данным, полученным на Тимирязевской узкоколейной дороге.

показана зависимость коэффициента β от этой же величины. Форма графика на рис. 4 подтверждает выводы многих исследователей о том, что с увеличением пропущенного по рельсам тоннажа коэффициент β уменьшается. На рис. 5 графически показана зависимость износа рельсов от характеристик продольного профиля пути, а на рис. 6 — от ве-

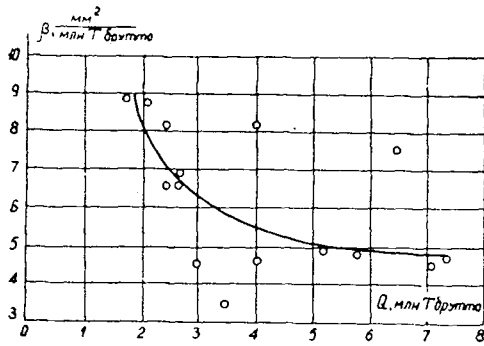


Рис. 4. График зависимости коэффициента β от пропущенного по рельсам тоннажа.

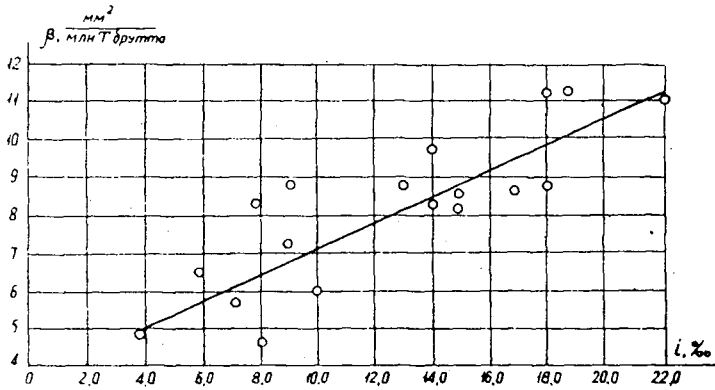


Рис. 5. График зависимости коэффициента β от продольного профиля пути.

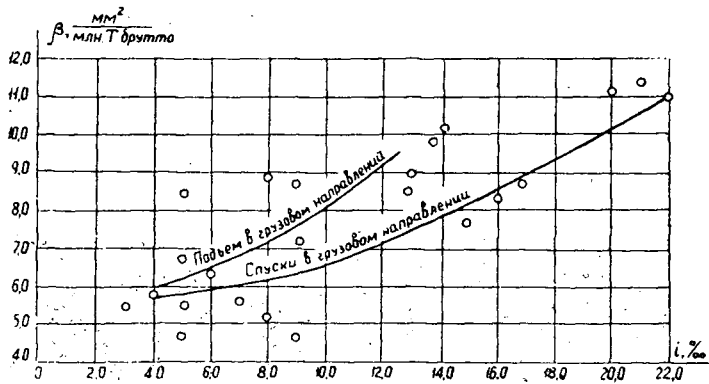


Рис. 6. График зависимости коэффициента от величины подъемов и спусков в грузовом направлении.

личины подъемов и спусков в грузовом направлении. Опытные данные показывают, что на подъемах износ рельсов несколько больше, чем на спусках. Это, вероятно, объясняется разными режимами ведения поездов на подъемах и спусках, значительно большими окружными усилия-

ми, развиваемыми локомотивами на подъемах в грузовом направлении по сравнению со спусками. Из табл. 2 видно, что на кривых участках пути малых радиусов рельсы изнашиваются сильнее, чем на прямых при пропуске груза величиной 1 млн. T брутто. Значения коэффициента β для кривых различных радиусов показаны в табл. 3. В табл. 4 приведены формулы, выражающие зависимость высоты износа рельсов от пружонапряженности в кривых разных радиусов для Уткинской и Тимирязевской ужд.

Таблица 3

$R, м$	125	150	180	200	220	Прямая
$\beta, \frac{мм^2}{млн. T \text{ брутто}}$	11,15	9,12	7,22	5,68	4,69	7,32

Таблица 4

Узкоколейные железные дороги	Формулы, характеризующие высоту износа рельсов, (мм) на кривых участках радиуса, м			
	125	145	150	180
Уткинская	$h = 0,57 Q + 1,01$	$h = 0,40 Q + 0,96$	$h = 0,46 Q + 1,03$	$h = 0,35 Q + 0,89$
Тимирязевская	—	—	—	$h = 0,33 Q + 2,13$

Из табл. 3 и 4 видно, что при увеличении радиусов кривых коэффициент β значительно уменьшается и становится даже меньше, чем на прямых участках. На Уткинской и Тимирязевской ужд разница в значениях β на кривых малых радиусов и прямых участках не очень велика. Вероятно, это можно объяснить небольшими скоростями движения на этих дорогах.

Результат химического анализа образцов рельсов, для которых определяли износ, приведен в табл. 5, а зависимость износа рельсов от процентного содержания углерода в составе рельсовой стали — на рис. 7. Эту зависимость, очевидно, нельзя считать окончательной, так как еще не накоплено необходимого количества опытных данных.

Таблица 5

Год в выпуска рельсов	Содержание химических элементов, %					Примечание
	C	Mn	Si	S	P	
1948	0,55	0,84	0,28	0,024	0,028	Рельсы P18
1951	0,57	0,60	0,30	0,026	0,026	
1954	0,50	0,55	0,25	0,028	0,026	
1956	0,50	0,55	0,25	0,026	0,028	
1958	0,55	0,52	0,28	0,024	0,024	
1957	0,72	0,85	0,20	0,030	0,026	Рельсы P24

Среднее содержание углерода в рельсах P18 составляет 0,534%. В современных ширококолейных рельсах отечественного производства процентное содержание углерода достигает 0,82, причем они имеют значительно большую износоустойчивость по сравнению с рельсами P18 и P24.

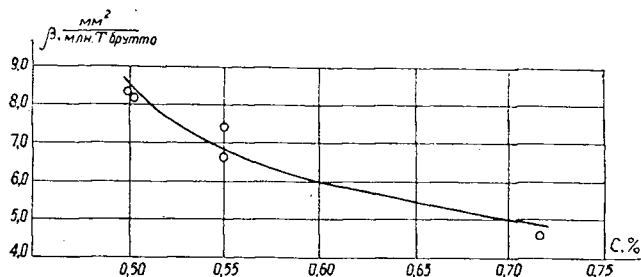


Рис. 7. Зависимость износа рельсов от процентного содержания углерода в составе рельсовой стали.

Из приведенных графиков и таблиц видно, что на Уткинской ужд коэффициент β намного больше, чем на Тимирязевской. Эту разницу, по-видимому, следует отнести за счет более тяжелого продольного профиля Уткинской ужд, малых радиусов кривых, более слабого верхнего строения пути и плохого содержания дороги. На это, по всей вероятности, оказало влияние и то, что по Уткинской дороге ежегодно в летнее время перевозят большее количество песчаного балласта и грунта для отсыпки земляного полотна, что приводит к загрязнению рельсов песком на поверхности катания. Объем этих перевозок приведен в табл. 6.

Таблица 6

Годы	Пропущенный по рельсам тоннаж, млн. Т брутто	Объем вывезенной по дороге древесины, тыс. м³
До 1958	0,182	—
1958	0,230	1,0
1959	0,300	12,6
1960	0,637	19,1
1961	0,405	98,6
1962	0,490	119,4
1963	0,580	160,0
Всего	2,824	411,20

Мы проводили также тщательные осмотры и замеры рельсов на Ергайской, Комсомольской, Подольской и других лесовозных дорогах Томской области для определения бокового износа рельсов в кривых участках пути и износа рельсов от смятия головки по всей длине рельса за пределами смятых концов.

Наблюдения и замеры показали, что боковой износ рельсов в кривых практически отсутствует, а вертикальный от истирания практически одинаков для наружной и внутренней ниток пути. На Тимирязевской дороге мы осмотрели и измерили более 300 рельсов, из них только 60 рельсов (или 20%) имели смятие головки по всей длине рельса. Смятие, как правило, наблюдается одновременно на правой и левой нитях пути. Подсчеты показывают, что доля износа от смятия в общем износе рельса на Тимирязевской дороге составляет 9%. Смятие наблюдается в основном на рельсах Р18, пропустивших более 5 млн. Т брутто груза. На Тимирязевской дороге магистральным типом локомотивов являются паровозы ГР и 157, имеющие нагрузку на одну ось 6,5 Т.

Выводы

1. Главным видом износа рельсов на исследованных лесовозных узкоколейных дорогах, по нашим экспериментальным данным, является вертикальный износ головки рельсов от истирания. Износ рельсов от смятия на Тимирязевской дороге достигает 9%. Боковой износ рельсов, в том числе и на кривых участках пути, практически отсутствует.

2. Среднее значение параметра износа, полученное нами в результате обработки большого количества опытных данных, для лесовозных ужд Томской области оказалось равным $\beta = 7,32 \frac{\text{мм}^2}{\text{млн. Т брутто}}$.

3. Концы рельсов Р18 и Р24, пропустивших 6—7 млн. Т брутто груза, настолько сминаются, что в большинстве случаев это вызывает необходимость ремонта рельсов.

4. Средние значения параметра износа β узкоколейных рельсов, изготовленных на различных заводах, полученные разными авторами [1], [2], [6], [4], [5] в различное время на дорогах, расположенных в совершенно разнообразных климатических зонах, имеющих специфические особенности в конструкции верхнего строения пути и эксплуатации, значительно отличаются друг от друга. Этот факт дополнительно указывает на то, что износ узкоколейных рельсов необходимо сделать предметом специальных и всесторонних исследований по единой методике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Кувалдин. О износе узкоколейных рельсов. Труды СибЛТИ, сб. V, 1948. [2]. Б. И. Кувалдин, С. Г. Осколков и др. Разработка мероприятий по снижению затрат на ремонт и содержание лесовозных узкоколейных железных дорог в Томской области. Научный отчет, МЛТИ, 1964. [3]. Рациональные типы верхнего строения пути узкоколейных дорог. Сектор пути отделения промышленного транспорта ЦНИИ МПС, архив, научный отчет по теме, выполненный в 1960—1963 гг. [4]. А. И. Смирнов. Рациональные типы верхнего строения пути. Журн. «Путь и путевое хозяйство» № 2, 1963. [5]. А. И. Смирнов и др. Рациональные типы верхнего строения пути узкоколейных железных дорог (колеи 750 мм). Труды ЦНИИ МПС, вып. 271, изд-во «Транспорт», 1964. [6]. М. Н. Торгонский. Влияние типов верхнего строения пути на износ и сроки службы узкоколейных рельсов. Кандидатская диссертация, М., 1951.

Поступила в редакцию
8 февраля 1965 г.

УДК 001.42:629.11.011.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАМУ АВТОЛЕСОВОЗА

Б. Д. ВАСИЛЬЕВ-КОЗЛОВ

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

В статье приведены результаты испытаний автолесовоза Т-80 по определению сил и моментов, действующих на раму в условиях эксплуатации.

Регистрировали следующие параметры: продольную и поперечную горизонтальные составляющие сил, действующих на переднее колесо; вертикальные реакции на передние колеса от поддрессоренных частей автолесовоза и веса пакета и скорость движения автолесовоза.

Для измерения горизонтальных сил применяли динамометрический узел с мощными проводочными датчиками. Вертикальные реакции на колеса измеряли по пролибу пружин подвесок реохордными датчиками. Скорость движения автолесовоза определяли при помощи прерывателя, отсчитывающего обороты ведущей звездочки цепной передачи и отметчика времени осциллографа. Все пять параметров регистрировали одновременно на ленте осциллографа Н-700 без применения усилителя. Методика эксперимента и примененные приборы описаны нами ранее [1].

В результате испытаний было получено около 250 осциллограмм. Сразу же после проявления ленты проводили предварительную обработку осциллограмм. Она состояла в нанесении на ленту ряда пометок и надписей (номера ленты и осциллограммы, места и даты проведения испытания, тип дороги или вид препятствия, нагрузка на автолесовоз и напряжения питания датчиков).

По записанным осциллограммам можно было определять:

- 1) скорость и направление движения автолесовоза;
- 2) величину статической нагрузки на левое и правое колеса;
- 3) величину и направление вертикальных динамических сил Z_d в пружинах подвесок передних колес;
- 4) величину и направление горизонтальных продольной X и поперечной Y составляющих сил, действующих на колесо;
- 5) по разности динамических усилий в пружинах подвесок левого и правого колес — момент, закручивающий раму M , который можно рассчитать по формуле

$$M_k = (Z_l - Z_{np}) \frac{B}{2} \text{ кгм,}$$

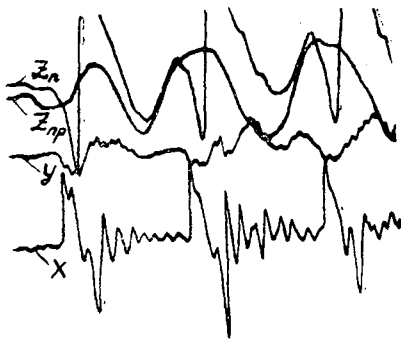
где Z_l — усилие в пружине подвески левого колеса, кг;

$Z_{пр}$ — усилие в пружине подвески правого колеса, $\kappa\Gamma$;
 B — колесная база автолесовоза, $м$.

Обработку осциллограмм производили по средним линиям соответствующих кривых с использованием нулевой линии. При расшифровке осциллограмм обязательно проверяли величину масштабов в начале и конце испытания. Применяли графический метод обработки опытных данных. Для повышения точности данных использовали способ контрольных пространственных сечений [2]. Графики строили методом огибающих точек, соответствующих максимальным значениям записанных усилий.

Рассмотрим лишь переезд через пороговые препятствия различной высоты одним колесом, с пакетом 5 T , так как при переезде препятствий, расположенных в шахматном порядке, и двумя колесами одновременно продольные усилия X и вертикальные реакции Y аналогичны силам, возникающим в первом случае. И лишь боковые реакции при переезде препятствий, расставленных в шахматном порядке, в отдельных случаях несколько больше.

Образец осциллограммы с записью показаний датчиков при переезде со скоростью 11 $км/час$ трех препятствий высотой 80 $мм$, расставленных на расстоянии около 1,2 $м$, представлен на рис. 1. Обрыв линии $z_{л}$ сверху соответствует отрыву колеса от дороги. По данным обработки осциллограмм построены графики.



Осциллограмма 97

Рис. 1.

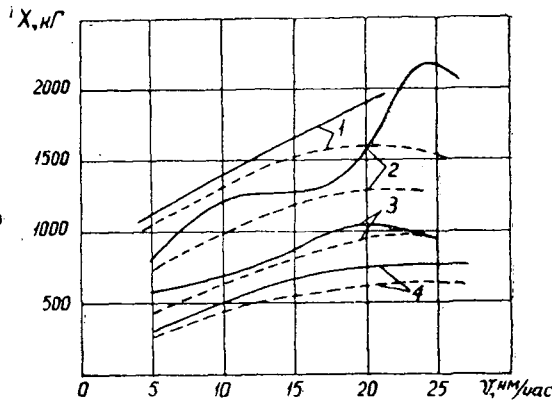


Рис. 2.

1 — $h=113$ $мм$; 2 — $h=80$ $мм$; 3 — $h=50$ $мм$; 4 — $h=28$ $мм$.
 Пунктир — переезд через единичные препятствия;
 сплошная линия — через повторные.

На рис. 2 показана зависимость продольного усилия X от скорости при переезде прямоугольных препятствий (досок и брусьев) высотой 28, 50, 80 и 113 $мм$. На кривых, соответствующих высоте препятствий 50 и 80 $мм$, резко выражены максимумы резонансных нагрузок. Резонансные нагрузки имели место: «низкочастотные» при скоростях 5—10 $км/час$, «высокочастотные» при скоростях 19—24 $км/час$, и в отдельных случаях в 1,7 раза превышали нагрузки при переезде единичного препятствия (той же высоты и на той же скорости). Наибольшая величина воздействия имела место при переезде второго, иногда — третьего препятствия. Максимальные значения продольного горизонтального усилия на колесо составили: при переезде единичного препятствия $X = 1590$ $\kappa\Gamma$ (при высоте препятствия 113 $мм$ и скорости

21 км/час), при переезде нескольких препятствий $X = 2180$ кг (при высоте 80 мм и скорости 23 км/час).

На рис. 3 показана зависимость продольного усилия X от высоты препятствия при переезде единичного препятствия при постоянной скорости.

Как видно из графика, продольные усилия возрастают с увеличением высоты препятствия по прямой или близко к ней.

Кривые на рис. 4 показывают зависимость продольного усилия X от высоты препятствия при постоянной скорости при преодолении повторных препятствий.

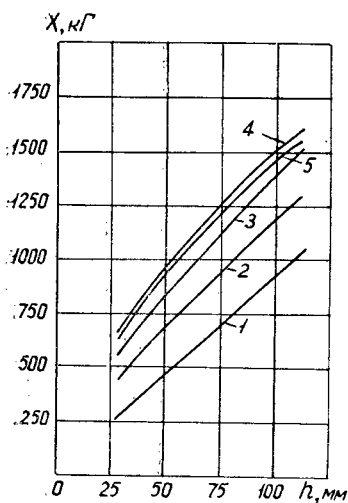


Рис. 3.

1— $v=5$ км/час; 2— $v=10$ км/час;
3— $v=15$ км/час; 4— $v=20$ км/час;
5— $v=25$ км/час.

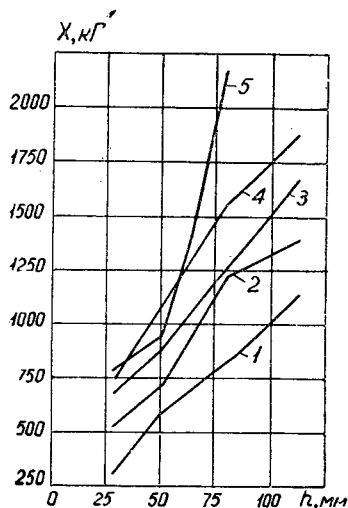


Рис. 4. Обозначения см. на рис. 3.

Динамические усилия в подвесках Z_d плавно возрастали с увеличением скорости, при скоростях 18—20 км/час достигали максимума, а затем даже несколько снижались. Максимальное значение динамических усилий в подвесках имело место при скорости $v = 20$ км/час, высоте препятствий $h = 113$ мм и составляло 2500 кг. Превышение резонансных нагрузок, по сравнению с нагрузками при переезде единичных препятствий, достигало около 1,3.

По динамическим нагрузкам в подвесках колес определяли коэффициент динамических нагрузок $k = \frac{Z_d}{Z_{ст}}$. Изменение его от скорости при переезде препятствий высотой 80 мм, 113 мм и выбоины глубиной 80 мм показано на рис. 5. Максимальное значение он имел в случае переезда повторных препятствий высотой 113 мм (1, 17). При переезде единичного препятствия той же высоты и при той же скорости этот коэффициент составил 1, 10.

При обработке с осциллограмм снимали также наибольшие разности усилий в правой и левой подвесках $Z_d - Z_{пр}$. Эти величины использовали для подсчета моментов, закручивающих раму. Последний (рис. 6) плавно возрастал с увеличением скорости, при 18 км/час достигал максимума $M_k = 2330$ кгм, а затем убывал. Максимальное значение M_k было одинаковым как при переезде препятствий высотой 113 мм, так и высотой 80 мм.

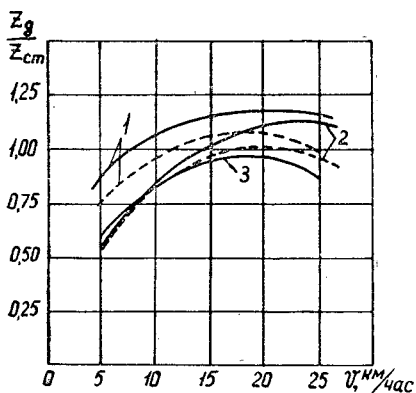


Рис. 5.

1— $h=113$ мм; 2— $h=80$ мм;
3— $h=80$ мм (выбоина)
Пунктир — переезд через единичные препятствия; сплошная линия — через повторные.

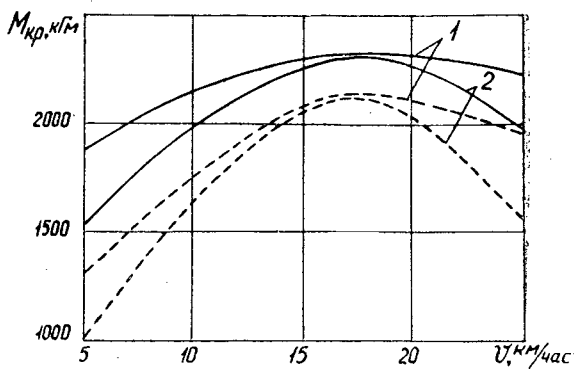


Рис. 6.

1— $h=113$ мм; 2— $h=80$ мм;
 $M_{max}=2330$ кг. Пунктир — переезд
через единичные препятствия;
сплошная линия — через повторные.

В табл. 1 приведены максимальные динамические усилия на колеса автолесовоза при переезде повторных искусственных препятствий с грузом 5 T (поддрессоренная нагрузка на колесо $Z_{ст} = 2126$ кг).

Таблица 1

Высота препятствия h , мм	Усилия на колесо, кг			$Z_{л}-Z_{пр}$	Коэффициент $k = \frac{Z_d}{Z_{ст}}$	Момент, закручивающий раму M_k , кгм
	горизонтальные		вертикальные Z			
	продольные X	поперечные Y				
28	770	550	—	—	—	—
50	1040	720*	1870	1570	0,88	1450
80	2190	570	2390	2530	1,12	1340
113	2000	760	2500	2520	1,17	2330
-80	1190	920	2070	2380	0,98	2200

* Препятствия расположены в шахматном порядке.

При испытаниях без груза получены те же зависимости, что и в случае переезда препятствий с грузом, но значения усилий были несколько меньше. Максимум продольных усилий наблюдался при переезде препятствий высотой 80 мм со скоростью $v = 22$ км/час и составил 1470 кг (рис. 7). Усилия при переезде препятствий высотой 113 мм без груза не записывали. Коэффициент динамичности при переезде искусственных препятствий без груза достигал 2,7.

Величины динамических нагрузок на передние колеса при переезде препятствий вперед и назад отличались незначительно (3—5%), поэтому направление движения не учитывали, а строили общие кривые по максимальным значениям. Так же получали общие кривые для усилий в подвесках правого и левого колес.

На дорогах общего пользования, в соответствии с поставленной задачей — определить максимальные силы и моменты, действующие на раму автолесовоза, — основное внимание уделяли испытаниям на участках с сильно разрушенным покрытием. Водителю было дано задание выдерживать максимально возможную, в данных условиях, скорость. На равномерно разбитой дороге скорость снижалась, следова-

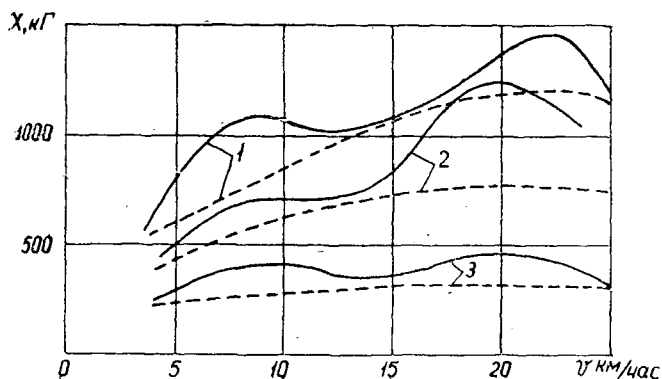


Рис. 7.

1— $h=80$ мм; 2— $h=50$ мм; 3— $h=28$ мм. Пунктир — переезд через единичные препятствия; сплошная линия — через повторные.

тельно, динамические воздействия не достигали максимальных. Максимальные воздействия наблюдались тогда, когда автолесовоз, разогнавшись на относительно ровном участке, внезапно наезжал на значительное препятствие.

Максимальные значения нагрузок, зарегистрированных при испытаниях на дорогах общего пользования с грузом (нагрузка на колесо $Z_{ст} = 2126 \text{ кг}$), приведены в табл. 2, а без груза ($Z_{ст} = 826 \text{ кг}$) — в табл. 3.

Таблица 2

Дорожные участки	Скорость, км/час	Усилия на колесо, кг					Коэффициент $k = \frac{Z_d}{Z_{ст}}$	Момент, закручивающий раму, $M_k, \text{кгм}$
		горизонтальные		вертикальные		$Z_d - Z_{пр}$		
		продольные X	поперечные Y	на левое Z_d	на правое $Z_{пр}$			
Асфальтированное шоссе								
сильно разбитое . . .	5—7	1000	840	2250	1940	2580	0,80	2390
плохого качества . . .	18	630	410	950	1120	1320	0,53	1220
Деревянная мостовая								
среднего качества . . .	17	340	210	330	310	220	0,16	204
плохого качества . . .	16	640	410	920	910	540	0,43	500
Бульжное шоссе								
среднего качества . . .	17	530	690	1640	1550	1010	0,77	934
плохого качества . . .	17	630	840	1790	2000	2000	0,94	1850
сильно разбитое . . .	9—16	800	840	2320	2400	2780	1,12	2570
Съезд на боковую дорогу								
.	3—7	1080	560	940	1430	2660	0,67	2460
Участок с удаленной плитой								
.	8	920	1780	600	1150	1940	0,54	1795

Примечание. При торможении передними колесами до юза на деревянной мостовой продольное усилие X составило: при движении вперед 1290 кг, назад — 990 кг.

Анализ результатов испытаний по определению динамических сил, действующих на автолесовоз в реальных условиях эксплуатации, показал, что максимальные вертикальные нагрузки, возникающие при переезде искусственных препятствий прямоугольной формы, несущественно отличаются от максимальных нагрузок при движении по сильно разбитым дорогам общего пользования.

Таблица 3

Дорожные участки	Скорость, км/час	Усилия на колесо, кг					Коэффициент $= \frac{Z_d}{Z_{ст}}$	Момент, закручивающий раму, M_k , кгм
		горизонтальные		вертикальные		$Z_d - Z_{пр}$		
		продольные X	поперечные Y	на левое Z_d	на правое $Z_{пр}$			
Гравийное шоссе								
сильно разбитое .	8—12	770	648	2250	1940	2410	2,72	2230
плохого качества .	16	510	480	1880	1110	1930	2,27	1790
Деревянная мостовая								
среднего качества .	23	60	139	330	330	290	0,40	205
плохого качества .	17	340	300	810	850	510	1,03	470
Булыжное шоссе								
плохого качества .	17	440	680	1040	1050	1670	1,27	1550
сильно разбитое .	10—16	780	640	1790	2000	2380	2,42	2200

Так, максимальные динамические усилия в подвеске Z_d составляли 2500 кг. Они наблюдались при переезде искусственных препятствий высотой 113 мм со скоростью около 20 км/час. В дорожных условиях максимальные усилия Z_d достигали 2400 кг при движении по разбитой булыжной дороге со скоростью 16 км/час.

Максимальный момент M_k , закручивающий раму, на искусственных препятствиях составлял 2340 кгм ($h = 113$ мм, $v = 18$ км/час) и 2330 кгм ($h = 80$ мм, $v = 18$ км/час), а на сильно разбитой булыжной дороге 2570 кгм при скорости движения 3 км/час.

Продольное горизонтальное усилие X при движении по самым плохим дорогам не превосходило 1080 кг, а при встрече с искусственными препятствиями достигало 2190 кг (при высоте препятствия 113 мм).

Боковые усилия на колесо на дорогах общего пользования и на искусственных препятствиях не превышали 800 кг, при преодолении участка с удаленной плитой составили 1780 мм. Специальных испытаний для получения максимальных, в условиях эксплуатации, боковых усилий (резкие повороты, движение по глубокой колее) мы не проводили.

Коэффициент динамической нагрузки достигал максимума при переезде препятствий высотой 113 мм и составил 1,17, а на дорогах общего пользования 1,12. При движении без груза коэффициент динамической нагрузки повышался до 2,7.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Васильев-Козлов. Методика определения нагрузочных режимов рамы автолесовоза. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [2]. П. С. Зака. К графической обработке опытных данных. Журн. «Вестник машиностроения» № 8, 1963.

Поступила в редакцию
4 декабря 1964 г.

УДК 001.24 : 634.0.378 : 2.

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСИЛИЙ В ПРОДОЛЬНЫХ ТРОСАХ СИГАРООБРАЗНОГО ПЛОТА ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ ЕГО НА ВОЛНУ

С. В. ГУЛИДОВ

Доцент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Сигарообразный плот из сортиментных пучков* имеет продольное крепление из четырех тросов: нижнего, верхнего и двух бортовых, концы которых присоединяются к торцовым щитам. Нижний и верхний тросы уложены в диаметральной плоскости плота, а бортовые по ватерлинии (рис. 1).

При плавании плота на спокойной воде силы веса и водоизмещения уравновешены. Усилия в тросах плота равны первоначальному натяжению. С изменением формы свободной поверхности воды под действием сил веса и водоизмещения плот прогибается, что ведет к увеличению или уменьшению усилий в тросах. При положении плота на гребне волны усилия в верхнем тросе увеличиваются по сравнению с первоначальным натяжением, а в нижнем уменьшаются; при положении его на подошве волны — наоборот. Усилия в бортовых лежнях в обоих случаях незначительно увеличиваются по сравнению с первоначальным натяжением (рис. 2). Опытами установлено, что при отсутствии верхнего и нижнего лежней прогиб плота соответствует профилю и размерам волны. Для установления расчетной зависимости усилий в тросах плота приняты следующие положения: профиль волны косинусоидальный, длина волны λ равна первоначальной длине плота l , поперечное сечение плота эллиптическое, диаметральной плоскости плота расположена нормально к гребню волны, прогиб плота соответствует профилю волны, упругие деформации тросов и влияние температуры на их натяжение не учитывают.

Рассмотрим положение плота на подошве волны. При прогибе плота, кроме сил веса и водоизмещения, появляются изгибающие моменты. При этом нижняя часть плота (ниже ватерлинии) будет работать на растяжение и вызовет увеличение усилий в нижнем тросе по сравнению с первоначальным натяжением. Вследствие натяжения троса на дно плота будет передаваться нормальное давление, которое вызовет некоторое выпрямление плота и перераспределение сил веса и водоизмещения по длине. Для сохранения равенства этих сил средняя часть плота частично выйдет из воды, а концы несколько погрузятся

* Новые средства комплексной механизации и автоматизации лесозаготовительного процесса. Журн. «Лесозэксплуатация и лесное хозяйство» № 2, 1962.

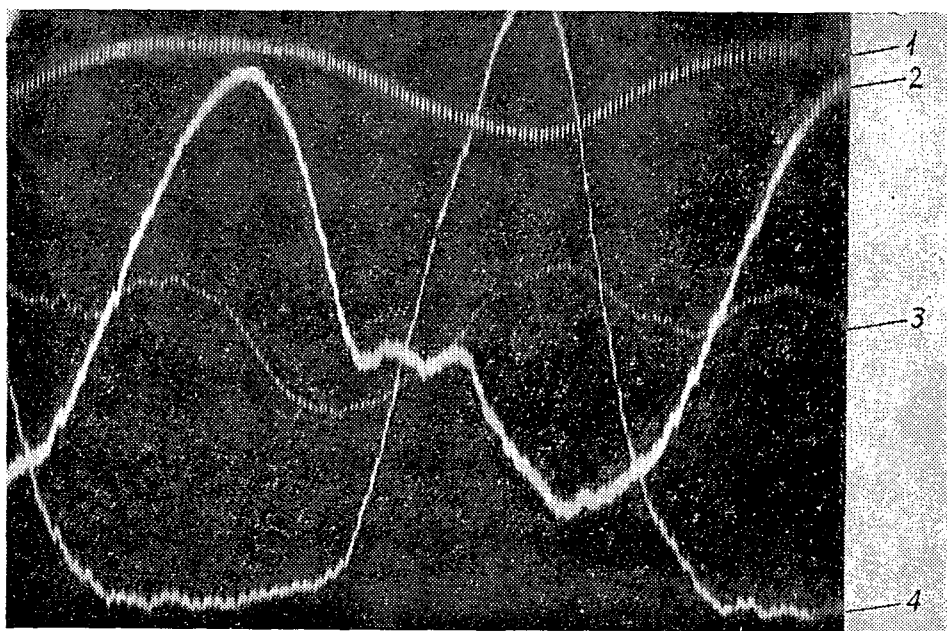


Рис. 2.

1— волна; 2— усилия в верхнем тросе; 3— усилия в бортовом тросе;
4— усилия в нижнем тросе.

в воду. Ватерлиния плота получит новое очертание с меньшей стрелой прогиба.

Для решения вопроса об усилиях, возникающих в нижнем тросе, рассчитываем последний как гибкую нить, нагруженную распределенной нагрузкой. При этом растягивающие усилия от изгибающего момента воспринимаются только нижним тросом.

Согласно условиям статики, при симметричном расположении плота на волне, относительно сечения $I-I$, $x = \frac{l}{2}$ (рис. 1) имеем следующее равенство:

$$S_0 v_0 - M_B = 0, \quad (1)$$

здесь S_0 — горизонтальная составляющая продольных усилий в тросе от прогиба плота: В данном сечении S_0 равна натяжению троса T ;

y_0 — ордината провисания нижнего троса, принимается в соответствии с ординатой y косинусоидального профиля волны.

Уравнение волны имеет следующий вид:

$$y = \frac{h_v}{2} + \frac{h_v}{2} \cos \frac{2\pi}{\lambda} x, \quad (2)$$

где h_v — высота волны;
 λ — длина волны;

x — абсцисса, изменяется от 0 до λ . В данном случае при $x = \frac{\lambda}{2}$ ордината равняется высоте волны $y = h_v$, которая в свою очередь равняется стреле провисания нижнего троса $y = y_0$.

M_B — момент всех сил, действующих на половину длины плота. Момент находится из условия статически устойчивого равновесия свободно плавающего тела при неизменном равенстве сил веса и водоизмещения. На смоченную поверхность половины длины симметричного плота действуют силы гидростатического давления, которые приводятся к результирующей силе — главному вектору гидростатических сил P_0 , приложенному в центре тяжести погруженной части половины длины плота (центр величины) и лежащему в диаметральной плоскости. Силы веса также приводятся к главному вектору сил G_0 , приложенному в центре тяжести половины длины плота. При плавании плота на горизонтальной поверхности воды силы гидростатического давления и веса равны и расположены на одной вертикальной оси в диаметральной плоскости плота. С наклоном плота из-за изменения свободной поверхности воды вертикальная ось также получит наклон, вследствие чего появится момент, вызванный силами веса и водоизмещения (рис. 1).

Момент этой пары равен

$$M_B = G_0 l = \gamma W_0 \delta \sin \varphi, \quad (3)$$

где γ — объемный вес воды;

W_0 — половина объемного водоизмещения плота;

δ — расстояние от центра величины до центра тяжести половины длины плота. Величина δ для плота всегда положительна и зависит от удельного веса древесины. При объемном весе древесины, равном объемному весу воды $\gamma_d = \gamma$, $\delta = 0$. В этом случае плот не прогибается в соответствии с профилем волны, а плавает во взвешенном состоянии;

φ — угол наклона плота в плоскости ватерлинии; принимается среднее значение. Угол наклона равен удвоенной крутизне

волны $\varphi = \frac{2h_B}{\lambda}$, при $\lambda = l$ $\varphi = \frac{2h_B}{l}$. Наибольшая крутизна

длинных волн составляет $\frac{h_B}{\lambda} = 0,1$. Для угла наклона

$\varphi = 0,2$ можно принять $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \varphi$.

Тогда

$$M_B = \gamma W_0 \delta \varphi. \quad (4)$$

Согласно формулам (1) и (4), усилие в тросе равняется

$$S_0 = \frac{\gamma W_0 \delta \varphi}{y_0} = \frac{\gamma W_0 \delta \varphi}{h_B}.$$

Вместо угла наклона φ подставим его выражение $\varphi = \frac{2h_B}{l}$ и получим

$$S_0 = \frac{2\gamma W_0 \delta}{l}.$$

Произведение $2\gamma W_0$ соответствует весовому водоизмещению всего плота γW .

Тогда

$$S_0 = \frac{\gamma W \delta}{l}.$$

Отношение весового водоизмещения плота γW к его длине l выражает среднее значение весового водоизмещения 1 пог. м длины плота

$$g = \frac{\gamma W}{l}.$$

Окончательное выражение для определения усилия в тросе имеет следующий вид:

$$S_0 = g\delta. \quad (5)$$

Таким образом, усилие в тросе (сечение $I-I$) равняется произведению веса 1 пог. м длины плота, умноженному на расстояние между его центром тяжести и центром величины.

Горизонтальная составляющая усилий в тросе S_0 для всех точек провеса троса, в пределах длины плота, — величина постоянная. Для троса с малой стрелой провеса $y < \frac{1}{8} l$, и с учетом того, что в действительности погонный вес плота по концам меньше, чем в цилиндрической части, можно принять натяжение по длине троса равным горизонтальной составляющей усилий в тросе S_0 .

Вес 1 пог. м длины плота в миделевом сечении

$$g = \rho \gamma_d \pi a b, \quad (6)$$

здесь ρ — полнодревесность плота, $\rho = 0,6$;

γ_d — объемный вес древесины;

a — малая полуось эллиптического поперечного сечения плота,

$a = \frac{H}{2}$, где H — высота плота;

b — большая полуось эллиптического поперечного сечения плота,

$b = \frac{B}{2}$, где B — ширина плота.

Расстояние δ между центром тяжести и центром величины плота эллиптического поперечного сечения определяют по формуле

$$\delta = \frac{H \cdot \cos^3 m}{3 \left(m + \frac{1}{2} \sin 2m + \frac{\pi}{2} \right)}. \quad (7)$$

В этой формуле

$$m = \arcsin \frac{y}{a},$$

где

$$y = H(\gamma_d \xi - 0,5),$$

здесь ξ — коэффициент зависимости от объемного веса древесины, он имеет следующие значения (табл. 1).

Таблица 1

γ_d	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	1,0	0,96	0,94	0,935	0,945	1,0

Для прямоугольного поперечного сечения плота

$$\delta = \frac{H}{2} (1 - \gamma_d). \quad (8)$$

Усилия в верхнем тросе, если не учитывать разности гидростатического давления на подошве и гребне волны, определяют аналогично

усилию в нижнем тресе. Усилия в бортовых лежнях следует находить при постановке плота под косым курсом к волне. Этот вопрос будет рассмотрен в другой нашей работе.

Нагрузку q на 1 пог. м длины троса находят из выражения для гибкой нити

$$q = \frac{T}{\rho_0}$$

где T — натяжение троса. В данном случае $T = S_0$;

ρ_0 — радиус кривизны троса при провисании, который равен $\rho = \frac{1}{y''}$.

Здесь y'' — вторая производная от уравнения профиля волны

$$y'' = -\frac{h_B}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x,$$

тогда

$$q = -S_0 \left[\frac{h_B}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right]. \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что с уменьшением длины волны нагрузка на трос увеличивается.

Положение плота относительно волны, с учетом нагрузки на нижний трос, определяют из следующего уравнения:

$$q = \gamma B (y_0 - y) + \gamma B t$$

или

$$y_0 = y + \frac{q}{\gamma B} - t, \quad (10)$$

где t — осадка плота.

Если плот находится на гребне волны, то в полученной формуле, вместо осадки t , необходимо прибавить запас его плавучести $(H - t)$.

У сигарообразного плота ширина и осадка в торцах меньше, чем в средней части. Поэтому, согласно формуле (10), погружение в воду и подъем из воды концевых частей плота будет больше, чем в середине.

Формула (10) с учетом значений ее членов имеет следующий вид:

$$y_0 = \frac{h_B}{2} + \frac{h_B}{2} \cos \frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{S_0}{\gamma B} \left[\frac{h_B}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right] - t.$$

Пример. Определить усилие в нижнем тресе и положение плота на подошве волны при следующих данных: длина $l = 80$ м, ширина в миделе $B = 10$ м, в торцах $B_T = 5$ м, высота в миделе $H = 4,2$ м, в торцах $H_T = 3,5$ м. Поперечное сечение эллиптическое и прямоугольное. Объемный вес древесины $\gamma_d = 0,7$ и $0,8$ Т/м³. Длина волны $\lambda = 80$ и 40 м, высота соответственно $h_B = 4$ и 3 м. Предварительное натяжение троса — 4 Т. Результаты решения даны в табл. 2 и 3.

В табл. 2 полное усилие S вычислено с учетом предварительного натяжения троса.

Расчеты показывают, что с повышением объемного веса древесины усилие в тресе уменьшается. Замена эллиптического поперечного сечения плота прямоугольным (табл. 2) дает увеличение усилия в тресе и, следовательно, при определении диаметра ведет к возрастанию его запаса прочности.

Таблица 2

$\gamma_d, T/m$	$g, T/m$	δ, m	s_0, T	s, T
0,7	13,9	$\frac{0,54}{0,63}$	$\frac{7,50}{8,75}$	$\frac{11,50}{12,75}$
		$\frac{0,36}{0,42}$	$\frac{5,70}{6,70}$	$\frac{9,70}{10,70}$
0,8	15,9			

Примечание. В числителе данные для эллиптического сечения; в знаменателе — для прямоугольного.

Таблица 3

s, T	λ, m	Значения $q, T/m$ (числитель) и u_0, m (знаменатель) при				
		$x = 0$	$x = \frac{\lambda}{4}$	$x = \frac{\lambda}{2}$	$x = \frac{3}{4}\lambda$	$x = \lambda$
12,75	80	$\frac{-0,16}{1,35}$	$\frac{0}{-1,15}$	$\frac{0,16}{-3,14}$	$\frac{0}{-1,15}$	$\frac{-0,16}{1,35}$
		$\frac{-0,47}{0,30}$	$\frac{0}{-1,12}$	$\frac{0,47}{-2,54}$	$\frac{0}{-1,65}$	$\frac{-0,47}{-0,15}$
12,75	40					

Из табл. 3 следует, что при длине волны $\lambda = 40$ м нагрузка на трос увеличивается в три раза по сравнению с нагрузкой при $\lambda = 80$ м. Положение плота на волнах различной длины дано на рис. 3.

Диаметр троса, с учетом коэффициента запаса на разрыв, равного трем, найден по ГОСТу 3071—55 для $d = 30,5$ мм.

Поступила в редакцию
27 октября 1964 г.

УДК 624.011.6 : 674.817.41

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ СТЕКЛЯННЫМ ВОЛОКНОМ
НА ПРОЧНОСТЬ ПЛИТ ИЗ ОПИЛОК *

В. И. ОНЕГИН

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Прочность очень тонких волокон во много раз превышает прочность объемных образцов тех же веществ. Стекловолоконное волокно в качестве армирующего материала пока не нашло широкого применения в производстве древесно-стружечных плит, хотя эксперименты и практика говорят о целесообразности такого армирования [1], [2].

Принимая во внимание, что прочность древесно-стружечных плит (сырьем для которых служат опилки от лесопильных рам с объемным весом $0,7 \text{ г/см}^3$ и расходом связующего 8—10% от веса абс. сухой древесины, считая на сухой остаток) не превышает 100 кг/см^2 , мы провели эксперименты по упрочнению плит путем армирования их стеклянным волокном.

Опытным путем выявлены возможные способы армирования: стекложгутами с равномерным распределением по всему объему плиты, с укладкой их в виде сетки с различными по размерам ячейками (25×25 ; 50×50 и $100 \times 100 \text{ мм}$) в один или несколько слоев по поперечному сечению и сосредоточенное армирование стекложгутами в наиболее опасных зонах. Однако указанные способы требуют значительного изменения технологического процесса прессования плит. Наиболее технологичны в изготовлении плиты из опилок, армированные стекловолокном, нарубленным на куски определенных размеров.

Для опытов было взято бесщелочное алюмоборосиликатное стекловолоконное волокно диаметром 6—10 мк (рис. 1). Его прочность $18000—24000 \text{ кг/см}^2$, а модуль упругости $720000 : 750000 \text{ кг/см}^2$. Участок, заштрихованный на рисунке, — стекловолоконное, использованное в экспериментах. В качестве связующего брали смолу МФ-17 в количестве 10% от веса абс. сухой древесины, считая на сухое вещество.

Пресскомпозицию готовили по следующим схемам: 1) стекловолоконное без связующего распределяли равномерно по всей массе опилок, покрытых смолой; 2) стекловолоконное предварительно смешивали с опилками, после чего в приготовленную массу вводили связующее, которое распыляли из пневмопистолета, при этом смеситель имел вращение вокруг своей оси; 3) связующее (в количестве 20% от веса стекловолокна) наносили в смесителе на стекловолоконное, которое затем добавляли к опилкам, также покрытым смолой (общий расход связующего не превышал 10%).

* Работа выполнена под руководством проф. С. В. Родионова.

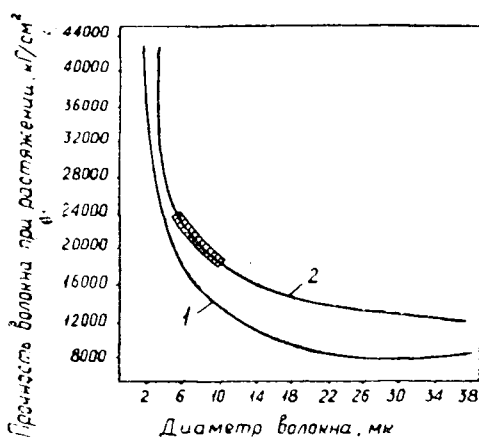


Рис. 1.

1— щелочное стекло; 2— бесщелочное стекло.

Плиты размером $250 \times 250 \times 4$ мм изготовляли методом плоского прессования. В каждом опыте на одну позицию делали 10 плиток, из которых на все виды испытаний (согласно ГОСТам 10632—63 и 10637—63) выпиливали по образцу. Опилки, из которых прессовали плиты, для удаления мелких и крупных частиц просеивали через сита. Годными считались те, которые прошли через сито с отверстиями диаметром 7 мм и остались на сите с отверстиями диаметром 2 мм.

В результате предварительных опытов было установлено, что плиты из пресскомпозиции, приготовленной по первой и второй схемам, увеличили свою прочность по сравнению с неармированными плитами на 20—25%. Испытания плит, изготовленных из пресскомпозиции, полученной по третьей схеме, показали, что прочность армированных плит, при одном и том же объемном весе и одинаковом расходе связующего, возросла в 2—3 раза. Поэтому все дальнейшие показатели относятся к плитам, которые получены из пресскомпозиции, состоящей из опилок и стекловолокна, предварительно смешанных со связующим. Прочность на статический изгиб, разрыв перпендикулярно плоскости плиты, разбухание и водопоглощение зависят от длины отрезков стекловолокна; количества стекловолокна, добавляемого к опилкам; количества связующего, смешиваемого со стекловолокном; объемного веса плит.

Результаты испытаний, обработанные методом математической статистики, приведены в табл. I.

Наибольший эффект армирования достигается в плитах с объемным весом 0,55—0,65 г/см^3 . Длина стекловолокна оказывает существенное влияние на повышение прочности. Из таблицы видно, что резкое нарастание прочности плит происходит до длины 25 мм, а затем показатель прочности на изгиб падает. Подобное явление можно объяснить тем, что с увеличением длины стекловолокна ухудшаются условия смешивания его со связующим, а также с опилками.

Понижение прочностных характеристик с увеличением количества добавляемого стекловолокна свыше 25% (при постоянном расходе связующего, смешиваемого со стекловолокном) связано с тем, что смола не в состоянии покрыть все стекловолокно, что приводит к ослаблению плит из-за непроклеенных участков. Однако повышать расход клея

Таблица I

Плиты	Объемный вес, Г/см ³	Предел прочности (кг/см ²)		Разбухание, %	Водопоглощение, %
		на статический изгиб	на растяжение перпендикулярно плоскости плиты		
Неармированные	0,50	45	2,8	21	108
"	0,70	98	4,6	26	104
"	0,90	190	8,4	32	96
Армированные рубленным стекловолокном с длиной отрезков* 10 мм	0,60	200	—	—	—
15 "	0,60	245	—	—	—
25,2 "	0,60	260	—	—	—
50,4 "	0,60	246	—	—	—
75,5 "	0,60	210	—	—	—
Армированные рубленным стекловолокном длиной 20 мм с количеством добавляемого стекловолокна 5%	0,60	112	—	—	—
10 "	0,60	160	—	—	—
20 "	0,60	204	—	—	—
25 "	0,60	240	—	—	—
30 "	0,60	236	—	—	—
Армированные стекловолокном в количестве 15% от веса абс. сухой древесины; количество смолы, смешиваемой со стекловолокном, составляло от веса последнего	0,60	178	—	—	—
5%	0,60	228	—	—	—
10 "	0,60	264	—	—	—
15 "	0,60	308	—	—	—
20 "	0,60	302	—	—	—
25 "	0,60	288	—	—	—
30 "	0,50	150	3,0	20	102
Армированные**	0,70	310	5,1	25	94
	0,90	504	7,8	28	88

* Стекловолокно смешивали со связующим в количестве 20% от веса стекловолокна.

** При общем расходе смолы 10% от веса абс. сухой древесины в стекловолокно вводили 20% смолы от его веса.

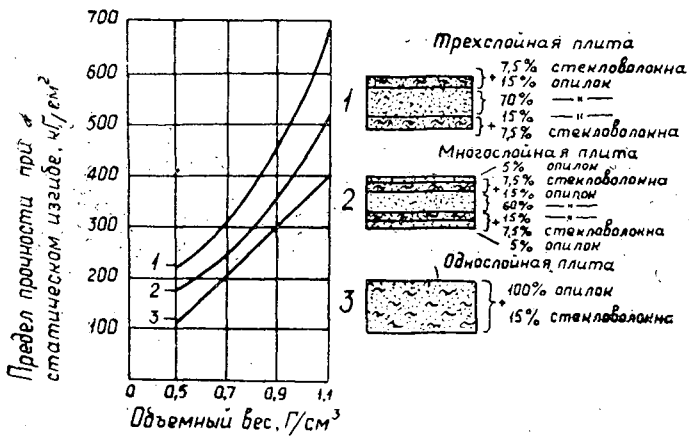


Рис. 2.

больше, чем на 20%, нерационально, так как прочность плит начинает падать вследствие недостатка смолы, смешиваемой с опилками. Таким образом, количество стекловолокна, смешиваемого с опилками, должно быть в пределах 15% от веса абс. сухой древесины, а количество смолы для нанесения на стекловолокно — около 20% от веса стекловолокна.

Конструкция плит также сказывается на физико-механических характеристиках материала.

Предел прочности на статический изгиб, в зависимости от объемного веса армированных стекловолокном плит различной конструкции, приведен на рис. 2.

По предварительным данным, экономически целесообразно применять армированные плиты в качестве конструкционного материала в строительстве или в качестве заменителя фанеры.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. И. Козельцев. Применение стеклопластиков в производстве стружечных плит. Журн. «Строительные материалы» № 9, 1962, стр. 38—39. [2]. Wood and Wood Products. 1961, vol. 66, № 2, pp. 48, 86.

Поступила в редакцию
7 декабря 1964 г.

УДК 676.1.021.3 : 634.0.865

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД НА СВОЙСТВА ПЬЕЗОТЕРМОПЛАСТИКОВ

Ф. С. МАРТИНОВИЧ

Ассистент

(Белорусский технологический институт).

В ряде институтов и организаций проведены работы по изысканию оптимальной технологии производства пьезотермопластиков. В результате установлено влияние влажности прессматериала (перед загрузкой в прессформы), давления, температуры, продолжительности прессования и ряда других технологических факторов на физико-механические свойства пьезотермопластиков. Однако влияние размеров частиц древесины на свойства пьезотермопластиков изучено недостаточно.

В 1960—1961 гг. в лаборатории древесных пластиков мы изучали влияние размеров частиц древесины хвойных и лиственных пород на физико-механические свойства пьезотермопластиков. Результаты приведены в этой статье.

Исходным сырьем для изготовления опытных плит пьезотермопластиков служили опилки сосны, ели, бука, осины и ольхи, полученные при раскросе досок на круглопильных станках. Чтобы исключить влияние посторонних факторов, опилки отбирали при раскросе здоровой древесины без гнили и коры. Опилки высушивали в лабораторной сушилке при температуре $100 \pm 5^\circ \text{C}$ до влажности 9—10%, а затем сортировали на фракции путем просеивания их через сита. Для изготовления опытных плит пьезотермопластиков были взяты фракции, приведенные в табл. 1. Опытные плиты размером $200 \times 200 \times 12$ мм прессовали на гидравлическом прессе ПВ-474 усилием в 100 Т с электрическим обогревом плит. Заданную по режиму температуру плит пресса поддерживали автоматически с помощью контактных термометров, установленных в каждой плите пресса.

Режим прессования плит был принят следующий: влажность опилок перед загрузкой в прессформу 9—10%; давление прессования 250 кг/см^2 ; температура плит пресса $180\text{—}185^\circ \text{C}$; продолжительность прессования на 1 мм толщины готовой плиты 1 мин/мм; продолжительность охлаждения плит пресса до температуры $30\text{—}40^\circ \text{C}$ 6—8 мин; продолжительность снижения давления 3 мин.

Предварительное уплотнение прессматериала производили при температуре $20\text{—}25^\circ \text{C}$, давлении 150 кг/см^2 и выдержке в течение 3 мин.

После прессования плиты кондиционировали в течение 5 суток при относительной влажности воздуха 65% и температуре $18\text{—}20^\circ \text{C}$.

после чего их распиливали на образцы для испытания физико-механических свойств. Из каждой фракции прессматериала по всем породам древесины было получено по 5—6 плит, из которых затем отбирали по 3 образца на каждый вид испытаний, то есть всего 15—18 образцов на один опыт.

Образцы пьезотермопластиков испытывали на статический изгиб, сжатие в направлении, параллельном плоскости прессования и перпендикулярном ей, удельную ударную вязкость, твердость по Бриннелю, водопоглощение и разбухаемость по толщине при водопоглощении. Были определены также влажность и объемный вес плит. Испытания проводили в соответствии с требованиями стандартов на испытания пластических масс органического происхождения.

Влажность образцов при испытаниях была в пределах 8,5—9,5%.

Математическая обработка опытных данных подтвердила достоверность полученных результатов.

В результате исследований установлено, что при принятом режиме прессования с увеличением размеров частиц древесины в изучаемых пределах объемный вес плит несколько уменьшается. Так, плиты из

опилок березы (в абс. сухом состоянии) фракции $\frac{0,25}{0}$ имеют объемный вес $1,29 \text{ Г/см}^3$, фракции $\frac{0,75}{0,5}$ — $1,28 \text{ Г/см}^3$, а фракции $\frac{2,0}{1,5}$ и более — $1,27 \text{ Г/см}^3$. Объемный вес плит из опилок осины, ольхи, дуба, бука также несколько уменьшается с увеличением размера частиц фракции (от $1,24$ — $1,27 \text{ Г/см}^3$ для фракции $\frac{0,25}{0}$ до $1,20$ — $1,24 \text{ Г/см}^3$ для фракции $\frac{5,0}{3,0}$). Объемный вес плит, полученных из древесины сосны и ели, изменяется в пределах от $1,22$ — $1,23 \text{ Г/см}^3$ для мелких фракций до $1,17$ — $1,18 \text{ Г/см}^3$ для крупных. На рис. 1 приведен график изменения предела прочности плит пьезотермопластиков при статическом изгибе в зависимости от размеров частиц исследуемых пород древесины: 1 — ольхи; 2 — осины; 3 — бука; 4 — березы; 5 — сосны; 6 — дуба; 7 — ели. Из этого рисунка видно, что с увеличением размеров частиц древесины до $1,5$ — $2,0 \text{ мм}$ предел прочности пьезотермопластиков при статическом изгибе интенсивно уменьшается; при увеличении размеров частиц от $2,0$ до $5,0 \text{ мм}$ — уменьшается незначительно. Так, например, для фракции $\frac{0,25}{0}$ и меньше предел прочности на статический изгиб пьезотермопластиков, изготовленных из древесной муки березы, составляет 512 кг/см^2 ; для фракции $\frac{1,5}{1,0}$ — 280 кг/см^2 , то есть уменьшается в 1,8 раза; для фракции $\frac{5,0}{3,0}$ предел прочности равен 234 кг/см^2 , то есть снижается лишь на 8,0% по сравнению с фракцией $\frac{1,5}{1,0}$.

Таблица 1

Фракция материала, мм	Выход частиц указанной фракции, %
$\frac{0,25}{0}$	3
$\frac{0,5}{0,25}$	5
$\frac{0,75}{0,5}$	10
$\frac{1,0}{0,75}$	22
$\frac{1,5}{1,0}$	25
$\frac{2,0}{1,5}$	18
$\frac{3,0}{2,0}$	12
$\frac{5,0}{3,0}$	5
Итого.	100

Примечание. В числителе указан размер стороны ячейки сита, через которое частицы проходят, — а в знаменателе, с которого сходят.

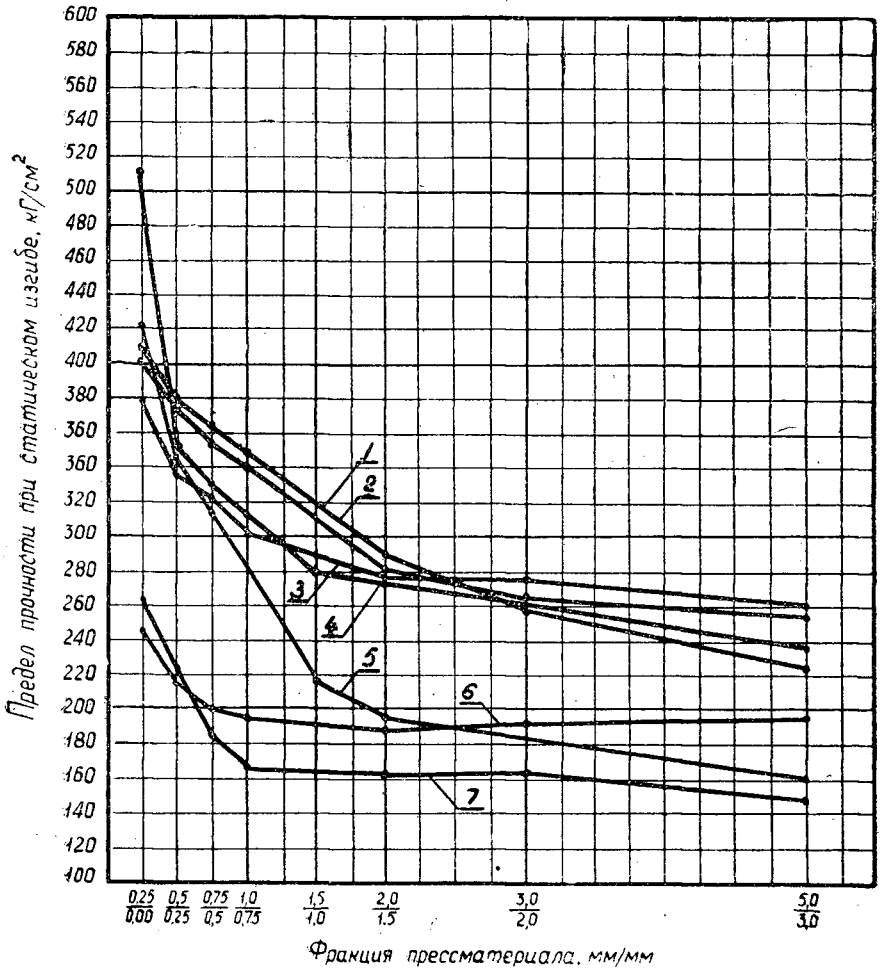


Рис. 1.

Аналогичные зависимости, как видно из рис. 1, получаются и для пьезотермопластиков, полученных из измельченной древесины других изучаемых нами пород. Наименьшей прочностью на статический изгиб ($140-250 \text{ кг/см}^2$) обладают плиты из опилок ели и дуба, причем размер частиц оказывает заметное влияние на прочность только для фракций $\frac{1,0}{0,75}$ и меньше.

На рис. 2 приведена зависимость изменения предела прочности плит при сжатии в направлении, параллельном плоскости прессования, от степени измельчения древесины: 1 — бука; 2 — ольхи; 3 — дуба; 4 — березы; 5 — осины; 6 — ели; 7 — сосны.

Предел прочности пластиков при сжатии в направлении, совпадающем с направлением прессования, составляет для древесины ели, сосны и дуба $700-1000 \text{ кг/см}^2$, а для остальных пород древесины — $900-1300 \text{ кг/см}^2$. Однако закономерного изменения прочности в зависимости от фракции исходного материала при этих испытаниях не наблюдалось. Удельная ударная вязкость пьезотермопластиков в зависимости от степени измельчения древесины изменяется незначительно и

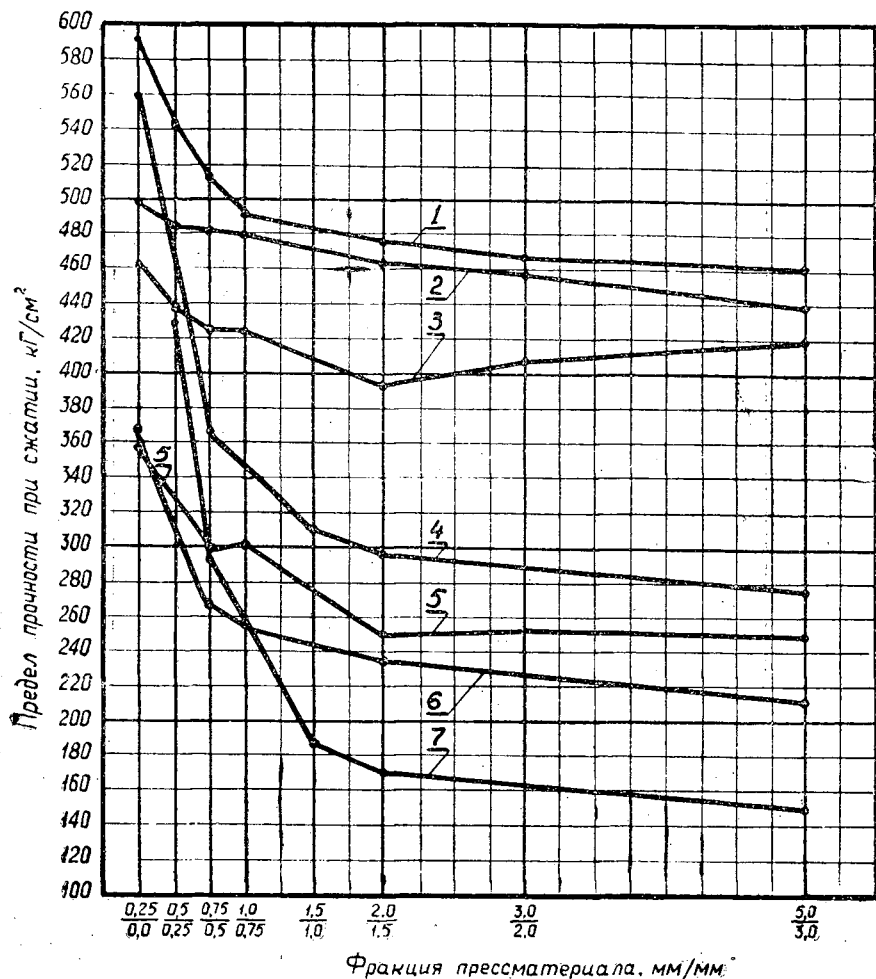


Рис. 2.

составляет 10—12 кг·см/см² для плит из опилок дуба и ели и 13—14 кг·см/см² — для плит из древесины березы, ольхи, осины, бука.

С увеличением размеров частиц древесины твердость плит по Бринеллю имеет некоторую тенденцию к снижению (на 20—30% в пределах изучаемых фракций) и в зависимости от породы древесины составляет 10—26 кг/мм², причем меньшую твердость имеют плиты из опилок ели, сосны, осины; большую — из березы, дуба, бука и ольхи.

В табл. 2 приведены результаты испытания пьезотермопластиков на водопоглощение, а в табл. 3 — разбухаемость их по толщине при водопоглощении.

Как видно из табл. 2, с увеличением размеров частиц древесины от 0,25 до 5,0 мм водопоглощение пьезотермопластиков возрастает в 2,0—2,5 раза для всех изучаемых пород древесины. Наименьшим водопоглощением обладают плиты, полученные из измельченной древесины дуба, а наибольшим — из древесины ели.

Измельченная древесина дуба легко пластифицируется при прессовании, обладает наибольшей текучестью по сравнению с другими породами, и пьезотермопластики из нее наиболее однородны, но

Таблица 2

Фракция прессмате- риала, мм	Водопоглощение пьезотермопластиков за 24 часа нахождения в воде, %						
	дуб	ольха	береза	осина	бук	сосна	ель
$\frac{0,25}{0}$	9,5	12,7	13,1	15,1	23,9	—	30,8
$\frac{0,5}{0,25}$	13,3	21,2	14,4	20,6	36,3	19,0	46,9
$\frac{0,75}{0,5}$	17,9	20,3	22,6	30,6	36,9	31,3	51,7
$\frac{1,0}{0,75}$	19,0	26,0	—	30,6	38,4	—	46,5
$\frac{1,5}{1,0}$	—	—	30,8	—	—	32,5	—
$\frac{2,0}{1,5}$	22,3	29,1	30,7	36,2	37,4	39,5	46,5
$\frac{3,0}{2,0}$	23,6	29,5	—	39,4	39,4	—	52,8
$\frac{5,0}{3,0}$	25,7	31,6	32,9	38,3	38,3	40,2	54,1

прочность их ниже по сравнению с пластиками, полученными из других лиственных пород древесины.

Набухание плит по толщине, как видно из табл. 3, меняется с изменением фракции древесины аналогично водопоглощению.

Таблица 3

Фракция прессмате- риала, мм	Разбухаемость пьезотермопластиков по толщине при водопоглощении за 24 часа нахождения в воде, %						
	дуб	ольха	береза	осина	бук	сосна	ель
$\frac{0,25}{0}$	5,1	10,1	10,7	9,6	17,6	—	22,7
$\frac{0,5}{0,75}$	7,9	16,4	11,5	15,5	28,8	15,0	36,9
$\frac{0,75}{0,5}$	12,0	15,1	20,0	25,4	29,5	27,8	39,3
$\frac{1,0}{0,75}$	12,4	17,4	—	24,4	29,6	—	35,4
$\frac{1,5}{1,0}$	—	—	30,8	—	—	25,6	—
$\frac{2,0}{1,5}$	13,6	19,3	27,1	32,6	28,1	32,1	34,9
$\frac{3,0}{2,0}$	15,9	19,4	—	32,7	26,4	—	44,5
$\frac{5,0}{3,0}$	19,0	21,6	30,3	32,2	25,1	34,3	41,6

Проведенные исследования показали, что степень измельчения древесины всех изучаемых пород оказывает значительное влияние на

физико-механические свойства пьезотермопластиков, особенно при размерах частиц 1,5—2,0 мм и меньше.

Исследования химических процессов при получении древесных пластиков без связующих, проведенные в ЛТА под руководством проф. Н. Я. Солечника, подтверждают предположение о наличии в этих процессах гидролитических реакций. Имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют о том, что на процесс получения древесных пластиков из измельченной древесины без связующих оказывают влияние физико-механические воздействия и химические превращения, возникающие в процессе прессования.

Сложность процесса обусловлена рядом факторов, из которых степень измельчения древесины имеет немаловажное значение. Физическая сущность его, с одной стороны, состоит, очевидно, в том, что с уменьшением размеров частиц древесины в значительной степени увеличивается текучесть прессматериала; при этом более равномерно заполняется пространство прессформы, в связи с чем увеличивается плотность и однородность пластиков, повышаются показатели прочности и эксплуатационные свойства их в условиях переменной влажности. С другой стороны, с уменьшением размеров частиц древесины последние имеют повышенную способность к реакции гидролиза, химические превращения в процессе прессования происходят более интенсивно и глубоко, что позволяет получить больше продуктов, участвующих в процессе склеивания. Это подтверждается и тем, что при увеличении продолжительности прессования из крупной фракции древесины можно получить пластики, не уступающие по физико-механическим показателям пластикам, полученным из мелких фракций при прочих одинаковых условиях.

На качество пьезотермопластиков влияет также и порода исходного сырья, так как химический состав древесины разных пород различен.

Выводы

1. Наиболее прочные и водостойкие пластики получают из древесины, измельченной до размеров древесной муки (размер частиц 0,25 мм и меньше), причем в этом случае показатели прочности пластиков незначительно различаются в зависимости от породы исходного сырья.

2. В зависимости от назначения пьезотермопластики можно изготовлять из всех исследуемых пород древесины как хвойных, так и лиственных, однако качественные показатели пластиков из лиственных пород выше.

3. При производстве пьезотермопластиков по принятому нами режиму можно рекомендовать фракцию исходного сырья, проходящую через сито с ячейками 2,0 × 2,0 мм.

В этом случае без дополнительного измельчения будет использовано до 80% всех опилок от деревообрабатывающих станков (см табл. 1), а свойства пластиков будут примерно соответствовать показателям, полученным для фракции $\frac{1,0}{0,75}$ в зависимости от породы древесины (см. рис. 1 и 2 и табл. 2 и 3), так как прессматериал будет содержать до 50% частиц размером менее 1,0 мм.

УДК 634.0.812 : 674.046

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРИСУТСТВИИ БУФЕРОВ НА УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

А. И. НОВОСЕЛЬСКАЯ

Ассистент

В. Н. ВИХРЕВА

Младший научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

Горячий размол щепы на дефибраторе или рафинёрах требует меньшего расхода энергии; при этом повышается производительность аппаратуры и происходит продольное расщепление волокон, а процесс их укорачивания ослаблен. Но без проведения обработки щепы перед размолотом трудно получить волокнистую массу (для производства сверхтвердых древесно-волоконистых плит с прочностью на статический изгиб 500 кг/см^2 и выше) мокрым способом формирования и особенно полусухим без связующего. Для решения этой задачи необходимо разработать способы подготовки щепы к размолу, позволяющие повысить механическую прочность волокон, улучшить способность к фибриллирующему размолу (при сравнительно высоком выходе).

На основании теории Н. Я. Солечника процесс мокрого размола волокон имеет релаксационный характер, продолжительность релаксации после пропитки в воде, варки в кислой среде и особенно после варки в присутствии NaOH в несколько раз увеличивается по сравнению с исходной сухой древесиной.

Повышение пластических свойств древесины (в зависимости от требуемой степени пластичности) может быть достигнуто пропиткой в сильно полярной жидкости; гидролизом углеводной части древесины путем пропарки, применяемой в производстве бурой древесной массы, или варки с водой; обычной делигнификацией на целлюлозу, полуцеллюлозу и химическую древесную массу.

Наиболее простой и дешевый способ повышения гидрофильности древесины и накопления низкомолекулярных фракций с целью повышения пластичности древесины — водный гидролиз древесины и варка с известковым молоком. Водный гидролиз заключается в деполимеризации углеводов вплоть до их растворения в воде. Подтверждением является уменьшение выхода после пропарки или водной варки древесины. Кроме того, расщепляется углеводлигнинный комплекс, что приводит к снижению молекулярного веса компонентов и повышению их гидрофильности за счет освобождения гидроксильных, ранее заблокированных ацетальной или простой эфирной связью углеводов с лигнином. Режим вар-

ки должен быть выбран такой, который позволил бы получить хорошую пластичность волокон, но в то же время, чтобы последние были мало разрушены и выход древесины после варки был сравнительно высоким.

Наша статья посвящена изучению следующих факторов, регулирующих упруго-пластические свойства древесины: 1) рН буферных растворов при варке древесины (от 2,0 до 12,0); 2) времени варки древесины при разных рН буферных растворов (от 10 до 360 мин); 3) температуры варки древесины при разных рН буферных растворов (135, 155 и 175° С); 4) химикатов, применяемых для приготовления буферных растворов.

Методическая часть

Мы проводили опыты на образцах древесины (радиальной распиловки) из одного бруска. Размер образцов $230 \times 15 \times 2$ мм. Методом вынужденных колебаний определяли упруго-пластические свойства у исходных образцов, выдержанных при комнатной температуре до 6—8% относительной влажности; после пропитки в воде до полного насыщения (относительная влажность 55—60%); после варки при полном насыщении в буферном растворе (относительная влажность 55—60%).

Варку образцов в буферных растворах производили в автоклаве из нержавеющей стали емкостью 1,5 л. В автоклав загружали по 3—5 образцов (~16 Г) березовой древесины и заливали ~1200 мл буферного раствора.

Для приготовления кислых, нейтральных и слабо щелочных буферных растворов (рН от 2,0 до 8,0) были применены смеси растворов 0,2М NaHPO_4 и 0,1М лимонной кислоты; для сильно щелочных буферных растворов (рН = 11,0—12,0) — смеси растворов 0,1N NaOH и 0,1N буры и 0,5%-ная суспензия окиси кальция.

Выяснение влияния времени варки и температуры проводили на березовой древесине, а рН буферных растворов — на березовой и сосновой. Возраст березовой древесины 55 лет, диаметр 240 мм, объемный вес 0,53—0,58 Г/см³, возраст сосновой древесины 100 лет, диаметр 250 мм, объемный вес 0,46—0,50 Г/см³.

Экспериментальная часть

Химические изменения древесины, происходящие при разных условиях варки, оказывают существенное влияние на упруго-пластические свойства, что в свою очередь вызывает изменение пластичности древесины.

В табл. 1 показано влияние рН буферных растворов на динамический модуль упругости E_d березовой и сосновой древесины при полном насыщении, в табл. 2 — на время релаксации τ . В обоих случаях относительная влажность древесины ~60%, время варки 3 часа, температура 155° С.

Из данных, приведенных в табл. 1 и 2, следует, что изменение упруго-пластических свойств и повышение пластичности в кислой и щелочной среде для березовой древесины больше, чем для сосновой. Это объясняется разной проницаемостью пород для реагирующих растворов. Так, у листовенных пород растворы протекают в сосуды через соединяющие их простые поры, а у хвойных, не имеющих таких пор, проникновение реагентов тормозится трудной проницаемостью окаймленных пор. Вторая причина — повышенное содержание смолистых веществ и лигнина в древесине хвойных пород.

Таблица 1

рН буферного раствора		Для березовой древесины			Для сосновой древесины		
до варки	после варки	$E_{д1}$, кг/мм ²	$E_{д11}$, кг/мм ²	$\frac{E_{д11}}{E_{д1}}$, %	$E_{д1}$, кг/мм ²	$E_{д11}$, кг/мм ²	$\frac{E_{д11}}{E_{д1}}$, %
3,95*	3,00	1286	651	50,6	772	856	110,9
7,10*	6,20	963	624	62,3	788	930	118,1
8,05*	7,40	1082	754	69,6	896	858	95,8
12,00**	9,80			50,7	832	629	75,6
11,50***	11,50	1146	823	71,8	783	834	106,5

* Буферный раствор приготовлен из 0,1 М лимонной кислоты и 0,2 М Na_2HPO_4 ;

** из 0,1 N NaOH и 0,1 N буры; *** из 0,5 % CaO.

Примечание. $E_{д1}$ — динамический модуль упругости до варки; $E_{д11}$ — то же после варки.

Таблица 2

рН буферного раствора		Для березовой древесины			Для сосновой древесины		
до варки	после варки	$\tau_I \cdot 10^{-4}$, сек	$\tau_{II} \cdot 10^{-4}$, сек	$\frac{\tau_{II}}{\tau_I}$, %	$\tau_I \cdot 10^{-4}$, сек	$\tau_{II} \cdot 10^{-4}$, сек	$\frac{\tau_{II}}{\tau_I}$, %
3,95*	3,00	1,428	3,918	274	1,808	1,930	107
7,10*	6,20	1,600	3,523	220	1,893	3,110	164
8,05*	7,40	1,560	3,650	234	1,944	3,113	160
12,00**	9,80			273	2,120	3,703	175
11,50***	11,50	1,190	2,360	198	2,434	2,800	115

* Буферный раствор приготовлен из 0,1 М лимонной кислоты и 0,2 М Na_2HPO_4 ;

** из 0,1 N NaOH и 0,1 N буры; *** из 0,5% CaO.

Примечание. τ_I — время релаксации до варки; τ_{II} — то же после варки.

Существенное влияние на изменение пластичности оказывают не только значения рН буферных растворов, но и то, какие химикаты входят в их состав. При одинаковых условиях варки (время, температура и рН среды) динамический модуль упругости для березовой древесины после варки в буферном растворе из NaOH составил 50,7%, а из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 71,8% (от данных для исходной влажной древесины) и время релаксации соответственно 273 и 198%; для сосновой древесины модуль упругости составил соответственно 75,6 и 106,5% и время релаксации 175 и 115%.

Из приведенных данных следует, что водный раствор едкого натра, являясь сильным реагентом, оказывает большее влияние на древесину (особенно на березу), чем известковое молоко.

В табл. 3 показано влияние времени варки и рН буферных растворов на динамический модуль упругости березовой древесины, в табл. 4 — на время релаксации. Из данных табл. 3 и 4 видно, что наименьшее время варки для изменения упруго-пластических свойств требуется в сильно щелочной среде в присутствии NaOH. При этих условиях варки достаточно десяти минут для того, чтобы модуль упругости уменьшился почти в 2 раза, а время релаксации увеличилось в 2 раза. Точка перегиба изменения упруго-пластических свойств (после которой не происходит дальнейшего существенного изменения последних) была получена в сильно щелочной среде (в присутствии NaOH) после варки в течение 30 мин; в нейтральной — после варки в течение 60 мин и в кислой среде после варки в течение 180 мин. Увеличение времени варки в кислой среде до 6 час не оказало существенного влияния на изменение упруго-пластических свойств древесины.

Таблица 3

Время варки, мин	рН буферного раствора		$E_{дл}$, кг/мм ²	$E_{дл1}$, кг/мм ²	$\frac{E_{дл1}}{E_{дл}}$, %
	до варки	после варки			
10	3,200—3,851*	2,60—3,30	1163	1130	97,2
	6,9—7,1*	6,0—6,4	1023	943	91,3
	11,81—12,15**	9,74—11,07	1126	662	58,8
30	3,200—3,851	2,60—3,30	904	807	89,4
	6,9—7,1	6,0—6,4	957	974	101,7
	11,81—12,15	9,74—11,07	975	549	61,9
60	3,20—3,851	2,60—3,30	1057	906	85,6
	6,9—7,1	6,0—6,4	897	678	75,4
	11,81—12,15	9,74—11,07	1078	577	53,6
180	3,20—3,851	2,60—3,30	1169	698	60,0
	6,9—7,1	6,0—6,4	963	624	62,4
	11,81—12,15	9,74—11,07	937	550	58,7
360	3,20—3,851	2,60—3,30	986	574	58,3
	6,9—7,1	6,0—6,4	910	636	72,1
	11,81—12,15	9,74—11,07	1113	541	48,7

* Буферный раствор из 0,1 М лимонной кислоты и 0,2 М Na_2HPO_4 ;

** из 0,1 N NaOH и 0,1 N буры.

Примечание. Относительная влажность древесины 50%, температура 155° С.

Таблица 4

Время варки, мин	рН буферного раствора		$\tau_I \cdot 10^{-4}$, сек	$\tau_{II} \cdot 10^{-4}$, сек	$\frac{\tau_{II}}{\tau_I}$, %
	до варки	после варки			
10	3,20—3,851*	2,60—3,30	2,34	2,25	95,0
	6,9—7,1*	6,0—6,4	2,95	3,13	106,0
	11,81—12,15**	9,74—11,07	2,47	5,30	215,0
30	3,20—3,851	2,60—3,30	2,73	3,51	129,0
	6,9—7,1	6,0—6,4	3,28	3,29	100,0
	11,81—12,15	9,74—11,07	2,52	7,19	285,0
60	3,20—3,851	2,60—3,30	2,88	3,34	116,0
	6,9—7,1	6,0—6,4	1,65	4,42	268,0
	11,81—12,15	9,74—11,07	2,77	6,28	227,0
180	3,20—3,851	2,60—3,30	2,20	5,00	227,0
	6,9—7,1	6,0—6,4	1,60	3,52	220,0
	11,81—12,15	9,74—11,07	2,39	7,37	309,0
360	3,20—3,851	2,60—3,30	2,69	5,55	207,0
	6,9—7,1	6,0—6,4	1,65	4,31	261,0
	11,81—12,15	9,74—11,07	2,92	8,41	288,0

* Буферный раствор из 0,1 М лимонной кислоты и 0,2 М Na_2HPO_4 ;

** из 0,1 N NaOH и 0,1 N буры.

Примечание. Относительная влажность древесины 60%; температура варки 155° С.

По-видимому, при более глубоком гидролизе после разрыва углевод-лигнинного комплекса в кислой среде лигнин может конденсироваться, что не содействует повышению пластичности древесины. Гидролизированные углеводы способны конденсироваться и гумифицироваться, что также замедляет повышение пластичности.

Влияние температуры варки на упруго-пластические свойства березовой древесины показано в табл. 5. Из таблицы видно, что в кислой среде наибольшее влияние на изменение упруго-пластических свойств оказывает повышение температуры варки от 135 до 175° С. Мы предпо-

Таблица 5

Температура, °С	Состав буферных растворов	рН буферных растворов		$E_{дI}$, кг/мм ²	$E_{дII}$, кг/мм ²	$\frac{E_{дII}}{E_{дI}}$, %	$\tau_I \cdot 10^{-4}$, сек	$\tau_{II} \cdot 10^{-4}$, сек	$\frac{\tau_{II}}{\tau_I}$, %	
		до варки	после варки							
135	0,1M лимонная кислота и 0,2M Na ₂ HPO ₄	3,77	3,75	1016	1051	103,5	2,39	3,37	141	
135		7,10	6,80	993	750	76,6	1,40	3,66	261	
135		11,62	9,98	1002	636	63,4	2,35	6,72	286	
135	0,1N NaOH и 0,1N бура 0,5%CaO	11,60	11,93	961	849	88,3	2,78	3,82	137	
155		0,1M лимонная кислота и 0,2M NaHPO ₄	3,77	3,60	1060	747	70,4	3,05	5,95	195
155			7,10	6,40	963	624	62,4	1,60	3,52	220
155	11,63		9,68	913	536	58,9	2,45	8,43	344	
155	0,1N NaOH и 0,1N бура 0,5%CaO	12,18	11,35	1052	919	87,4	2,74	3,87	144	
175		0,1M лимонная кислота и 0,2M Na ₂ HPO	3,77	3,68	999	424	42,4	1,86	6,48	349
175			7,10	6,10	834	438	51,9	1,89	5,50	290
175	11,65		9,55	1010	535	55,0	2,94	8,49	327	
175	0,1N NaOH и 0,1N бура 0,5%CaO	11,55	6,85	1046	719	68,7	2,88	5,78	200	

Примечание. Относительная влажность древесины 55—60%, время варки 3 час.

лагали, что в кислой среде при 135° С гидролиз древесины проходит слабо (выход 87,5%) и упруго-пластические свойства изменяются мало.

При повышении температуры варки до 155 и 175° С гидролиз более глубокий (выход соответственно снижается до 70,5 и 59,7%), количество низкомолекулярных фракций повышается, в результате чего изменяются упруго-пластические свойства и пластичность древесины повышается. При получении волокнистой массы для производства плит в кислой среде повышение температуры варки до 175° С нецелесообразно, так как вследствие сильного гидролиза выход древесины после варки получается низкий. Относительная температура для пропарки и варки с водой при продолжительности 3 час может быть 145—155° С.

В среде, близкой к нейтральной, а также в сильно щелочной (в присутствии NaOH) уже при температуре варки 135° С упруго-пластические свойства березовой древесины значительно изменяются. Пластичность древесины, проваренной в нейтральной и сильно щелочной среде при этой температуре, значительно больше, чем в кислой среде. При повышении температуры варки до 155 и 175° С упруго-пластические свойства изменяются сравнительно мало.

В сильно щелочной среде, где буферный раствор был приготовлен из Ca(OH)₂ (0,5 % CaO), упруго-пластические свойства древесины после варки при температурах 135 и 155° мало изменяются.

При повышении температуры варки до 175° С для усреднения образовавшихся кислот окиси кальция в буферном растворе было недостаточно, рН в конце варки снижается с 11,55 до 6,85, то есть варка заканчивается в нейтральной среде, в результате чего модуль упругости уменьшается, время релаксации увеличивается и пластичность древесины повышается.

Таким образом, наличие окиси кальция задерживает повышение пластичности древесины, поэтому для получения волокнистой массы с более пластичными волокнами при применении извести варка

должна быть закончена в нейтральной среде. Однако варка с известковым молоком повышает выход.

Из экспериментальных данных вытекает, что при повышении температуры на 10° время пропарки можно сократить в два раза. При применении аппаратов непрерывного действия для проверки можно рекомендовать следующие режимы: 1) время 1 час 30 мин, температура 155°C ; 2) время 45 мин, температура 165° или 175°C ; 3) время 22 мин, температура 175° или 185°C .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алфрей. Механические свойства высокополимеров. [2] Н. Я. Солечник, Л. Н. Антонович. Техническая информация НИСа ЛТА № 39/40 Л., 1956. [3] Н. Я. Солечник, В. П. Аликин. Журн. «Бумажная промышленность» № 12, 1959. [4] Н. Я. Солечник, В. П. Аликин. Научные труды ЛТА. Вып. 81, 1960. [5] Н. Я. Солечник, П. Х. Ласкеев, А. И. Новосельская, З. В. Може. Разработка теории и технологии процесса полусухого формования древесно-волоконистых плит. Сообщение «Теоретические основы процессов подготовки щепы к размолу». Труды ЛТА № 98, Л., 1962. [6] Н. Я. Солечник. Производство древесно-волоконистых плит. Гослесбумиздат, М., 1963. [7] A. J. Asplund, U. S. Pat. 2008, 892, July 23, 1935. [8] J. M. Cobott and C. B. Purkes. Pulp and Paper Magazine of Canada. Volume 57, № 4, 1955. [9] V. Lowgren. Tappi sce 113, 119, 1941. [10] Louis E. Wise. Wood Chemistry, 883, 1952.

Поступила в редакцию
3 июля 1964 г.

УДК 58.071 : 634.0.812

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОГРУЖЕННУЮ В ВОДУ ДРЕВЕСИНУ СОСНЫ И ЕЛИ

О. А. ВАСИЛЬЕВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

У заболони хвойных бревен, погруженных в летнее время в воду (на 1—2 месяца) или подвергавшихся интенсивному дождеванию, увеличивается проницаемость и, как следствие, — водопоглощение. После высушивания такая древесина быстрее и больше принимает влаги при вторичном увлажнении и быстрее отдает ее при повторной сушке по сравнению с древесиной сухопутной доставки и сухого хранения. Илле [5] дал теоретическое обоснование этому явлению для ели с анатомо-физиологической точки зрения. Эти исследования были взяты за основу Йилеком [6] при разработке методов глубокой антисептической пропитки еловых и пихтовых столбов. Вопрос увеличения водопоглощения сосновой древесины при водном хранении изучали Суолахти и Валлен [10], Эльвуд и Эжклунд [3], Нес и Маккой [7]. Еще в 1934 г. Мелин и Наннфельд [9] отмечали присутствие бактерий в сплавной древесине хвойных. Предположение о присутствии бактерий в буковой древесине, хранившейся водным способом, высказал Финдли [4].

Вопрос о бактериях в древесине интересен как с точки зрения увеличения ее проницаемости и возможного решения на этой основе проблемы подготовки трудно пропитываемых пород к глубокому антисептированию, так и с точки зрения биологической защиты древесины хвойных от штабельных грибов.

Мы поставили задачу выяснить характер физико-химических и биологических изменений, возникающих в древесине сосны и ели при погружении ее в воду, а также выяснить, что вызывает эти изменения — вода или бактерии.

Экспериментальная часть

В первой части работы мы исследовали влияние бактерий на водопоглощение заболони и ядра сосны и ели. Из двух свежесрубленных деревьев обеих пород на одинаковой высоте от земли (4—6 м) были взяты образцы древесины (заболони и ядра), которые были распилены на бруски размером $2 \times 2 \times 30$ см. После двухнедельной сушки на воздухе бруски распиливали на образцы длиной по 3 см, маркировали и распределяли на опытные, контрольные и исходные таким образом, чтобы образцы из каждой рейки были равномерно представлены во всех группах во избежание ошибок из-за неоднородности древесины. Каж-

дая группа имела трехкратную повторность. Образцы опытной и контрольной групп укладывали торцами на дно колбы Эрленмейера. Материал контроля стерилизовали текучим паром три раза по 1 часу. В каждую колбу опытной группы наливали по 0,5 л воды сплавного бассейна, в каждую колбу контроля — такую же и в том же объеме воду, стерилизованную в течение часа при 1,2 атм. При заливке воды все образцы равномерно всплывали и благодаря конической форме колб удерживались на одинаковом уровне (7—8 см от поверхности). Колбы с погруженными образцами затыкали ватными пробками и помещали в термостат при температуре 25°С. Образцы исходной группы не были в контакте с водой до момента определения водопоглощения. На третий день в колбах с опытными образцами появились признаки активно идущего микробиологического процесса: вода сильно помутнела, на поверхности появились пена и радужные пятна, сквозь ватные пробки ощущался резкий запах, подобный запаху, идущему летом от водоемов с древесиной. Для предотвращения самоотравления бактериями продуктами метаболизма вода в колбах с опытными образцами через две недели после начала опыта была заменена свежей водой того же бассейна. На пятый день после смены воды было вновь отмечено газообразование, помутнение и появление на поверхности пленки. В колбах контроля в течение всего периода опыта вода оставалась прозрачной; при снятии опыта никакие микроорганизмы не выделялись ни из воды, ни из древесины.

Через 30 дней после начала опыта образцы первых двух групп вынимали из воды, обмывали с поверхности и вместе с исходным материалом высушивали до постоянного веса. Водопоглощение определяли по общепринятой методике через 0,5; 2; 12 час и через 1; 2; 4; 7; 12; 20 и 30 дней: Чтобы образцы не переворачивались в процессе водопоглощения, их укладывали в кристаллизатор так, чтобы, оставаясь на плаву, они слегка прикасались друг к другу; перед взвешиванием воду отсасывали и образцы опускались на дно. Таким образом, водопоглощение шло только через нижние торцы.

На рис. 1 показано водопоглощение древесины сосны, на рис. 2 — ели. По сравнению с исходной древесиной наиболее сильно увеличилось водопоглощение заболони сосны и в меньшей степени ели, находившейся в течение месяца в нестерилизованной воде. У сосны эта разница за первые сутки доходила до 68% и оставалась значительной на протяжении большей части периода водопоглощения. У ели водопоглощение опытной заболони отличалось от исходной на 20% от начала и почти до конца. Водопоглощение ядровой древесины всех трех групп в пределах точности опыта было одинаковым для каждой породы. Практически нельзя отметить разницу и в водопоглощении между исходными и контрольными образцами заболони сосны и ели.

Опыт позволяет сделать вывод о том, что увеличение водопоглощения заболони сосны и ели, погруженной в воду, в большей степени зависит от деятельности микроорганизмов, чем от изменений, происходящих в древесине под влиянием самой воды.

Изучение под микроскопом характера поражения бактериями структурных элементов древесины заболони и ядра обеих пород, находившейся в течение месяца в воде сплавного бассейна, показало следующее: особенно большие скопления бактерий наблюдались в клетках сердцевинных лучей заболони сосны, в окаймленных порах трахеид, примыкающих к сердцевинным лучам, и в клетках эпителия смоляных ходов. Отмечено частичное разрушение бактериями клеток сердцевинных лучей сосны (рис. 3, тангентальный срез при увеличении в 533 раза) и эпителиальных клеток смоляных ходов. Несмотря на скоп-

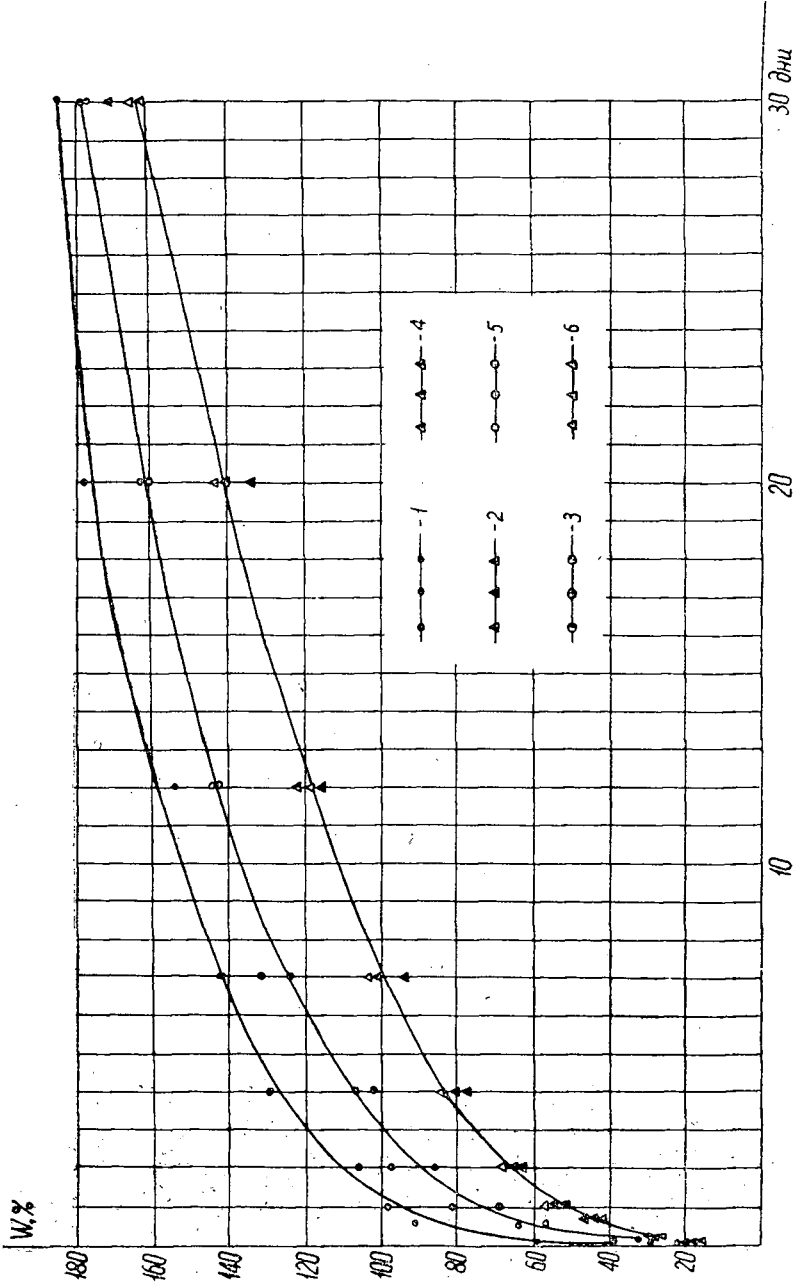


Рис. 1.

Древесина опытная: 1 — заболонь, 2 — ядро; контрольная: 3 — заболонь, 4 — ядро; исходная: 5 — заболонь, 6 — ядро.

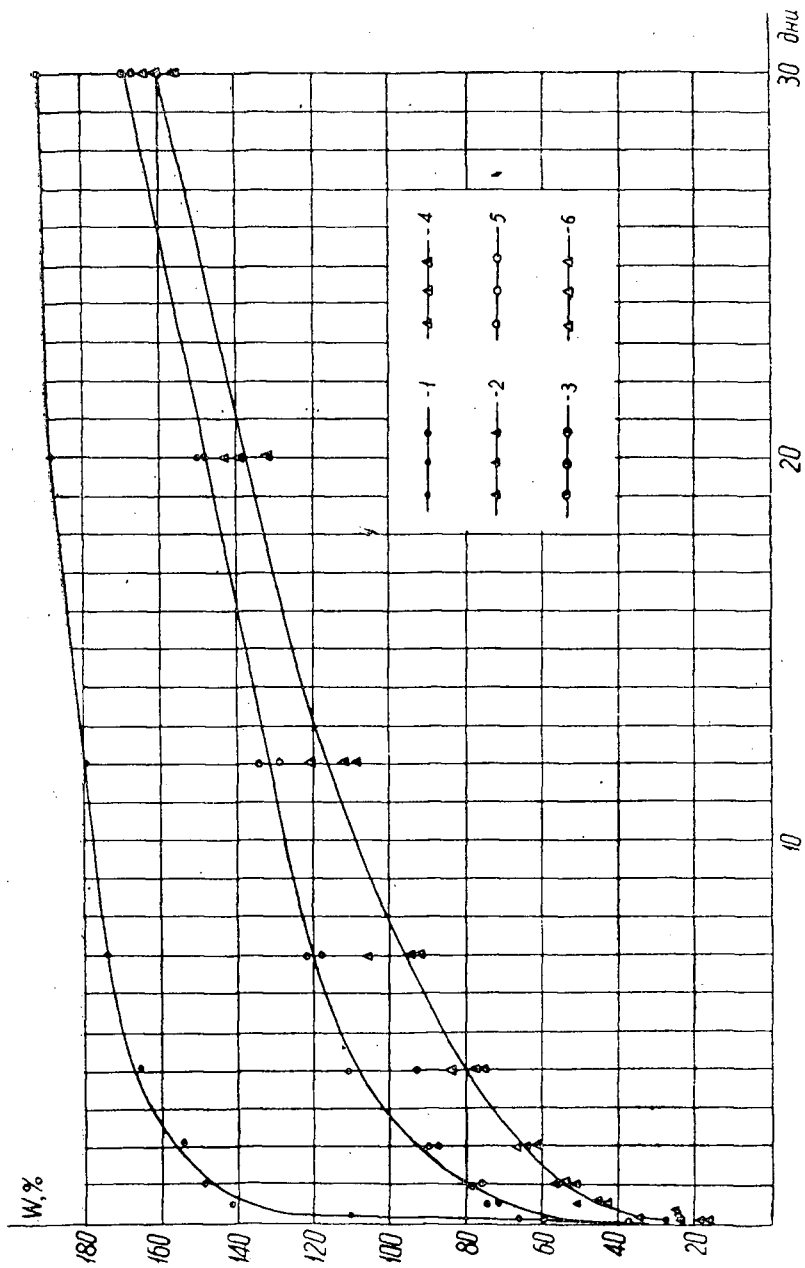


Рис. 2. Обозначения см. на рис. 1.



Рис. 3.

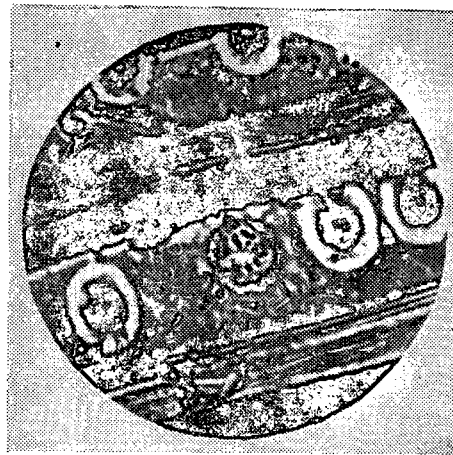


Рис. 4.

ления бактерий в окаймленных порах сосны (рис. 4, радиальный срез, увелич. в 533 раза), каких-либо признаков их разрушительной деятельности здесь с помощью оптического микроскопа замечено не было. Не ясно, чем обусловлены такие скопления и влияют ли бактерии на проницаемость окаймленных пор. В древесине ядра бактерии не обнаружены. Все сказанное в некоторой степени относится и к древесине ели.

Следующая часть работы состояла в определении способности бактерий использовать элементы химического состава древесины в качестве источников питания. Из заболонной древесины сосны и ели, находившейся в течение месяца в воде сплавного бассейна, были выделены бактерии. По форме они представляют собой короткие одиночные палочки, способные к споруляции — признак, позволяющий отнести их к роду *Bacillus*. Культуральные признаки выделенных штаммов бактерий следующие: быстрый рост (колонии на мясо-пептонном агаре появлялись через 24 часа после начала инкубации при 28°С), по форме колонии точечные, сплошные, с гладким краем, гладкой блестящей поверхностью, выпуклым профилем, однородной структуры, белого цвета. В дальнейшем исследовали штамм бактерий, выделенный из сосновой заболони. Бактерии культивировали в аэробных и анаэробных условиях при температуре 28°С. Для создания анаэробных условий применяли трубку Бюхнера, представляющую собой пробирку большого диаметра, на дно которой наливается щелочной раствор пиросульфата для поглощения кислорода. В большую пробирку на мостике (обрезок стеклянной трубки) помещали меньшую с культурой бактерий, закрытую ватной пробкой. Затем большую пробирку плотно закрывали резиновой пробкой и ставили в термостат. Были использованы следующие питательные среды: сусло-агар, крапива (богатая пектиновыми веществами); минеральные среды Омелянского для

аэробных условий	анаэробных условий
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 10 Г	K_2HPO_4 — 1,0 Г
K_2HPO_4 — 1,0 »	MgSO_4 — 1,0 »
MgSO_4 — 0,5 »	NaCl — 1,0 »
NaCl — Следы	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 2,0 »
H_2O дистиллированная — 1000 мл	CaCO_3 — 2,0 »
	H_2O водопроводная — 1000 мл

с добавлением в качестве источников углерода целлюлозы (обезжиренная фильтровальная бумага) и обогащенного лигнином материала в виде очищенного и промытого порошка пнилы сосновой древесины от гриба *Fomes pinicola*.

Рост бактерий наблюдается только в аэробных условиях на сусле-агаре (разжижение агара и выделение газа) и на крапиве (к концу второй недели явная мацерация стеблей). В начале второго месяца после постановки опыта были открыты резиновые пробки трубок Бюхнера, тем самым были созданы аэробные условия, и через неделю в этих же пробирках на сусле-агаре и крапиве начался рост. На средах с целлюлозой и лигнином бактерии не росли ни в аэробных, ни в анаэробных условиях.

Результаты нашего микробиологического опыта приводят к выводу, что данная бактерия или смесь физиологически близких видов является аэробом, способным усваивать низкополимеризованные сахара, пектины и, по-видимому, запасной крахмал, не затрачивая лигно-целлюлозного комплекса древесины.

Для проверки этих выводов был проведен сравнительный химический анализ древесины обеих пород. Материалом служила заболонная древесина, так как у нее обнаружено наиболее интенсивное увеличение водопоглощения под влиянием бактерий. Образцы готовили, распределяли и выдерживали в воде сплавного бассейна так же, как и в опыте на водопоглощение. Исходная древесина не была в контакте с водой. Контрольный вариант исключался, так как предполагалось, что поскольку стерильная вода в течение месяца практически не изменяет водносорбционных свойств древесины, то, по-видимому, не изменяет существенно и ее химический состав. Опытную и исходную древесину подсушивали на воздухе до влажности 7—9%, размалывали и фракционировали на сите. Для анализов брали фракцию 0,5—0,25 мм. Экстрагированием спирто-бензольной смесью в течение 4 час отделяли суммарно жиры, смолы, воска, дубильные вещества и простейшие сахара. Путем промывания навески холодной водой на фильтре определяли крахмал. Содержание целлюлозы определяли по Кюршнеру, лигнина — действием 72%-ной серной кислоты в модификации Комарова [2]. Содержание пектиновых веществ определяли по следующей методике: навеску древесной муки экстрагировали 96%-ным спиртом в течение 3 час, промывали горячим спиртом и высушивали на воздухе. Промыванием холодной водой удаляли крахмал. Проэкстрагированную древесину кипятили с 0,5%-ным щавелевокислым аммонием. Раствор фильтровали на стеклянном фильтре. Фильтрат осаждали тремя объемами 96%-ного спирта. Осадок, являющийся смесью пектиновых веществ, промывали 96%-ным спиртом, высушивали до постоянного веса и определяли его процентное отношение к абс. сухому весу древесины. Все анализы проводили в 2—4 повторностях.

В табл. 1 приведен химический состав заболони сосны и ели до опыта (исходной) и после пребывания в воде (опытной).

Из таблицы видно, что содержание лигнина практически не изменилось. Содержание целлюлозы понизилось на 3%, по-видимому, за счет разложения некоторой части пентозанов. Заметно увеличился выход спирто-бензольного экстракта. Очевидно бактерии, разрушая структуру клеток эпителия смоляных ходов, способствуют более полному переходу в экстракт их содержимого; аналогичное действие на древесину оказывают дереворазрушающие грибы на ранней стадии разложения [8]. Содержание крахмала в опытной древесине по сравнению с исходной уменьшилось приблизительно в 4 раза у сосны и в 2 раза у

Таблица 1

Элементы химического состава, % от абс. сухого веса	Сосна		Ель	
	исходная	опытная	исходная	опытная
Лигнин	26,8	26,8	26,3	26,7
Целлюлоза Кюршнера	59,9	57,6	61,3	58,6
Целлюлоза с поправкой на пентозаны	56,9	—	58,2	—
Спирто-бензольный экстракт	1,90	2,75	1,13	1,82
Крахмал	2,44	0,65	1,17	0,86
Пектиновые вещества	0,68	0,11	0,44	0,15

ели; содержание пектиновых веществ снизилось соответственно в 6 и 3 раза. Таким образом, результаты наших опытов подтвердили предположение Суолахти и Валлена [10] об активной роли бактерий в этом процессе.

Ранее нами было найдено, что заболонь сплавной сосны и ели имеет повышенно кислую реакцию по сравнению с сухопутной — для сосны $pH = 4,7$, для ели $pH = 4,8$. Было показано, что древесина обладает значительной буферностью и в контакте с водой образует довольно устойчивую систему с постоянным значением pH . Отклонения от равновесного значения pH указывают на присутствие живых элементов (микроорганизмов или живых клеток самой древесины) и их физиологическую активность. Исходя из этого, мы провели сравнительное изучение такой активности древесины обеих пород по изменению pH системы вода — древесина. Воду брали водопроводную, стерилизованную в течение 1 часа при 1,2 атм; после стерилизации значение pH воды равнялось 8,7. Опыт был разделен на следующие варианты: 1) сплавная древесина (находившаяся месяц в воде сплавного бассейна); 2) свежесрубленная; 3) свежесрубленная стерильная (стерилизованная текучим паром три раза по 1 часу) и 4) свежесрубленная стерильная, зараженная бактериями, выделенными из сплавной древесины. По каждому варианту, за исключением четвертого, брали отдельно ядро и заболонь каждой породы, в четвертом — только заболонь. Древесину в виде образцов $2 \times 2 \times 3$ см помещали в стерильные колбы Эрленмейера. Образцы первых двух вариантов при этом стерилизовали обжиганием с поверхности. Количество образцов во всех колбах было одинаково. С соблюдением стерильности в колбы наливали воду и помещали их в термостат при температуре $25-28^\circ C$ на 3—3,5 месяца. Через каждые две недели измеряли pH потенциометром ЛП-58.

Результаты первых двух вариантов представлены графиками на рис. 5—8. На рис. 5 показано изменение pH системы со сплавной древесиной сосны, на рис. 6 — со сплавной древесиной ели, на рис. 7 — со свежесрубленной древесиной сосны, на рис. 8 — со свежесрубленной древесиной ели. (На всех этих рисунках кривая 1 — для ядра, 2 — для заболони).

В третьем варианте равновесие системы как с заболонью, так и с ядром обеих пород устанавливалось в конце второй недели, и в течение периода наблюдений реакция не менялась, при этом pH оставалось равным 5,3 для заболони сосны и 5,1 — для ядра сосны, для ели соответственно — 5,6 и 5,1. Результаты четвертого и первого вариантов для заболони сосны и ели совпадали.

По графикам первого варианта (рис. 5 и 6) можно отметить, что заболонь сплавной древесины и сосны, и ели изменяет pH системы

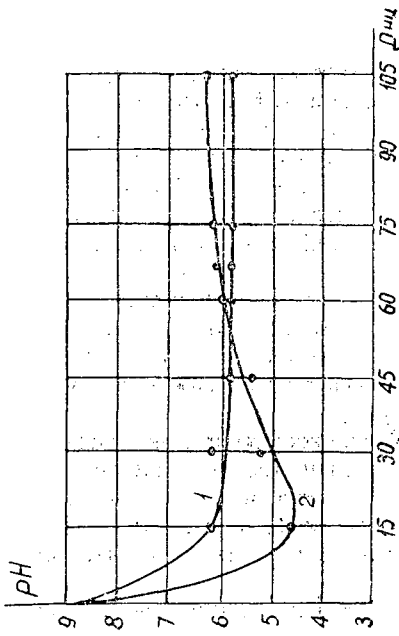


Рис. 5.

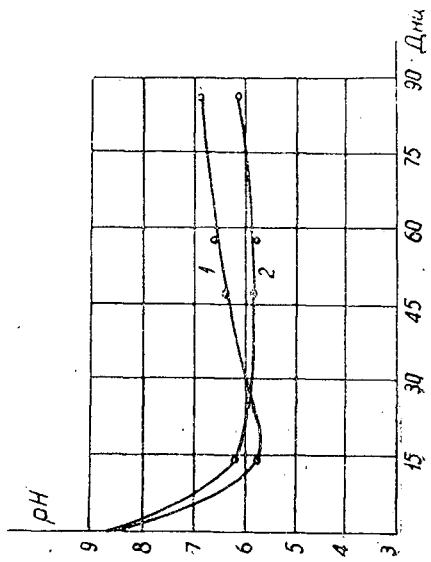


Рис. 6.

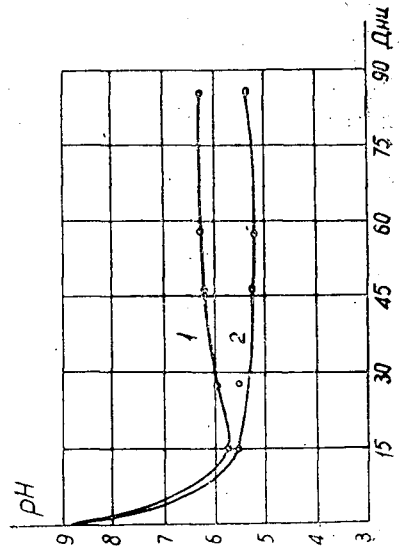


Рис. 7.

Рис. 8.

вода — древесина наиболее активно. К концу второй недели у сосны рН было 4,5, у ели — 4,7. Затем кислотность начинает снижаться, причем у ели снижение идет несколько быстрее, чем у сосны, и в начале третьего месяца система приходит в равновесие, то есть кислоты как будто бы исчезают из среды. Можно допустить, что бактерии подкисляют среду, сбраживая вначале низкополимеризованные сахара, крахмал и пектиновые вещества, а затем, использовав все доступные углеводы древесины, начинают потреблять ими же синтезированные кислоты [1]. Возможно и другое объяснение. Мы имеем здесь дело с двумя буферными системами — органическими кислотами (метаболитами бактерий) и древесиной, поэтому, как только бактерии снижают метаболическую активность, древесина приводит реакцию системы к значению, близкому ее собственному.

Мы не определяли рН заболонной древесины, погруженной в воду на три месяца в природных условиях, тем не менее такой сдвиг рН от кислого к более нейтральному вряд ли здесь может иметь место, так как благодаря «неограниченности» водоема обеспечена постоянная диффузия кислот из древесины.

Незначительная активность заболони свежесрубленной древесины (рис. 7 и 8) объясняется, вероятно, постепенным отмиранием ее живых клеток. В среде без доступа атмосферного кислорода живые клетки аэробных организмов в некоторых случаях способны непродолжительное время выделять органические кислоты. После их окончательного отмирания система приходит в равновесие.

Ядро во всех вариантах оказалось инертным — значение рН, установившееся в конце первого месяца, в дальнейшем не менялось. Несколько пониженная общая кислотность системы со стерильной древесиной (третий вариант) объясняется, очевидно, подкислением древесины в процессе стерилизации.

Полученные данные подтверждают наше предположение о том, что повышенно кислая реакция заболони сплавной сосны и ели по сравнению с сухолутной обусловлена жизнедеятельностью бактерий.

Таким образом, при подготовке древесины трудно пропитываемых хвойных пород к глубокому антисептированию погружением в воду или дождеванием, а также при изучении путей и способов биологической защиты древесины от прелости необходимо учитывать присутствие бактерий и характер их действия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И. Л. Работнова. Роль физико-химических условий (рН и pH_2) в жизнедеятельности микроорганизмов. Изд. АН СССР, 1957. [2]. Т. И. Руднева, С. Д. Антоновский. Руководство к практическим работам по химии древесины и целлюлозы. ЛТА им. С. М. Кирова, Л., 1951. [3]. E. L. Ellwood, B. A. Ecklund. Bacterial Attack of Pine Logs in Pond Storage. «Forest Prod. Jour.», v. IX, n. 9, 1959. [4]. W. P. K. Findly. Sapstain of timber. For. Abs. 20 (1), 1959. [5]. R. Ille. Hluboká impregnace smrků. «Drevo», с. 9, 1954. [6]. С. Jilek. Kotazce hluboke impregnace smrkových a jedlových sloupů. «Drevo», с. 9, 1956. [7]. D. T. Knuth, E. McCoy. Bacterial Deterioration of Pine Logs in Pond Storage. «Forest Prod. Jour.», v. XII, n. 9, 1962. [8]. M. Kubiak. Vyzkum vplyvu posobeňia roznych hub na zmenu technických vlastností dreva *Populus marilandica* (Bose) Drevarsky vyskum, 4, 1964. [9]. E. Melin, J. A. Nannfeldt. Researches into the bluing of Ground Wood — pulp. Svensk skogs- — foren. tids., 1934. [10]. O. Suolahti, A. Wallen. Der Einfluss der Nasslagerung auf das Wasseraufnahmevermögen des Kiefernspilnholzes. «Holz als Roh- — u. Werkstoff». Jg. 16, N. 1, 1958.

УДК 634.0.812 : 674.047

ПЛОСКОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Г. ЛАПШИН

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

При сушке древесины в ней возникают напряжения, вызванные неравномерным распределением влажности по поперечному сечению сортамента, точнее — напряжения вызываются непрямолинейным распределением влажности и связанным с ним изменением размеров [2], [3].

Рассмотрим задачу о напряженном состоянии, сделав следующие допущения: материал принимаем упругим и изотропным; влиянием торцовой усушки пренебрегаем; принимаем, что кривая распределения влажности — функция только одной координаты (толщины доски); рассматриваем напряженное состояние тонкого слоя, вырезанного из доски двумя параллельными сечениями, перпендикулярными ее длине, то есть задача сводится к плоской, так как коэффициент усушки поперек волокон гораздо больше, чем вдоль волокон.

Для решения плоской задачи в теории упругости имеется система из восьми уравнений.

Геометрические уравнения:

$$1) \quad \epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad 2) \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad 3) \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}.$$

Статические уравнения:

$$4) \quad \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0; \quad 5) \quad \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial x} = 0.$$

При наличии влажностных изменений деформация складывается из деформации, вызванной напряжениями

$$\epsilon'_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y); \quad \epsilon'_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu \sigma_x); \quad \gamma'_{xy} = \frac{2(1+\mu)}{E} \tau_{xy}$$

и деформации, вызванной изменением влажности

$$\epsilon''_x = \alpha \bar{W}; \quad \epsilon''_y = \alpha \bar{W},$$

если влажность ниже точки насыщения волокна и

$$\epsilon''_x = 0; \quad \epsilon''_y = 0,$$

если влажность выше точки насыщения волокна.

Общая линейная деформация равна сумме двух составляющих

$$\epsilon_x = \epsilon'_x + \epsilon''_x; \quad \epsilon_y = \epsilon'_y + \epsilon''_y.$$

Таким образом, физические уравнения имеют вид

$$6) \epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu\sigma_y) + \alpha \bar{W}; \quad 7) \epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu\sigma_x) + \alpha \bar{W};$$

$$8) \gamma_{xy} = \frac{2(1 + \mu)}{E} \tau_{xy},$$

где ϵ и γ — соответственно линейная и угловая деформации;

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ — функции напряжений;

u, v — функции перемещений;

E — модуль упругости;

μ — коэффициент Пуассона;

α — коэффициент усушки (поперек волокон);

\bar{W} — функции перепада влажности.

Поскольку мы интересуемся только напряжениями, то сделав соответствующие преобразования (подстановка Леви), для определения напряжений получим систему из трех уравнений

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0;$$

$$\Delta(\sigma_x + \sigma_y) = -\Delta \alpha E \bar{W},$$

где Δ — оператор Лапласа

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$$

Введем функцию ω следующим образом:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}.$$

(функции Эри)

Подставив эти выражения в предыдущую систему, после преобразования получим следующее выражение:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \omega = - \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \alpha E \bar{W} \quad (1)$$

или для краткости

$$\Delta \Delta \omega = -\Delta f,$$

где f — известная функция.

При отсутствии внешних нагрузок напряжения на всем контуре равны нулю, то есть

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x = \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} &= 0; \\ \sigma_y = \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} &= 0; \\ \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Это граничные условия.

Поскольку нас интересует решение уравнения (1) с точностью до линейного члена, равенства (2) можно заменить более общими

$$\left. \begin{aligned} \omega &= 0; \\ \frac{\partial \omega}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial \omega}{\partial y} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Рассмотрим случай, при котором начальная влажность выше точки насыщения волокна.

На рис. 1 показано распределение влажности по поперечному сечению доски (a — поперечное сечение доски; b — кривая распределения влажности по толщине W ; c — функция перепада влажности \bar{W}).

Пусть W симметрична относительно оси y , тогда и \bar{W} функция будет симметричной. Для простоты будем считать, что на участках $-a, -c$ и a, c функция \bar{W} — прямая с углом наклона

$$K = \pm \frac{h\alpha E}{a - c},$$

где h — разность между влажностью в середине доски и на ее поверхности (рис. 1):

Требуется найти решение уравнения $\Delta \omega = -\Delta f$ в области прямоугольника со сторонами $2a$ и $2b$, удовлетворяющее граничным условиям равенств (3).

Будем искать приближенное решение по методу Ритца [1] в виде

$$\omega \approx a_1 \cdot \varphi_1 + a_2 \varphi_2 + \dots + a_n \varphi_n.$$

Ограничиваясь тремя членами и выбирая координатные функции φ в виде полиномов, оставим только четные степени (так как система симметрична).

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= (x^2 - a^2)^2 \cdot (y^2 - b^2)^2; \\ \varphi_2 &= (x^2 - a^2)^2 \cdot (y^2 - b^2)^2 \cdot x^2; \\ \varphi_3 &= (x^2 - a^2)^2 \cdot (y^2 - b^2)^2 \cdot y^2. \end{aligned}$$

Коэффициенты a_1, a_2, a_3 определим из условия минимума потенциальной энергии.

Уравнения Ритца для определения коэффициентов имеют следующий вид:

$$\sum_{k=1}^3 (\Delta \varphi_m, \Delta \varphi_k) = (\Delta f, \varphi_m), \quad (4)$$

где $m = 1, 2, 3$.

Знак $(\Delta \varphi_m, \Delta \varphi_k)$ означает действие скалярного произведения функций

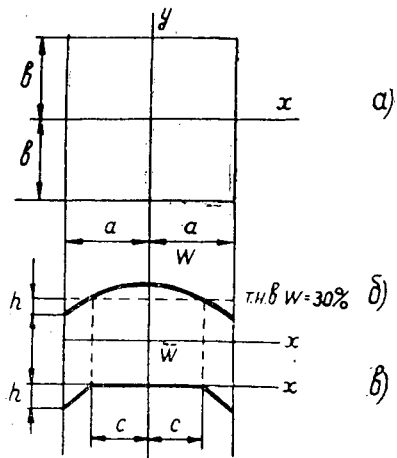


Рис. 1.

$$(\Delta\varphi_m, \Delta\varphi_k) = \int_{-a}^a \int_{-b}^b \Delta\varphi_m \cdot \Delta\varphi_k \cdot dx dy.$$

Дважды дифференцируя функцию ω соответственно по y и x , получим выражения для напряжений

$$\sigma_x = a_1 (x^2 - a^2)^3 \cdot [30my^4 + y^2 \cdot (12 - 24mb^2 + 12Lx^2) - 4b^2 \cdot (1 + Lx^2 - 0,5mb^2)];$$

$$\sigma_y = a_1 \cdot (y^2 - b^2)^2 \cdot [30Lx^4 + x^4 \cdot (12 - 24La^2 + 12my^2 - 4a^2 \cdot [1 + my^2 - 0,5La^2])];$$

$$\tau_{xy} = -a_1 [(4x^3 - 4a^2x) \cdot (4y^3 - 4b^2 \cdot y) + L(6x^5 - 8a^2x^3 + 2a^4 \cdot x) \cdot (4y^3 - 4b^2y) + m(6y^5 - 8b^2y^3 + 2b^4y) \cdot (4x^3 - 4a^2 \cdot x)],$$

где

$$L = \frac{a_2^4}{a_1 \cdot b^2}; \quad m = \frac{a_3}{a_1 \cdot a^2};$$

a_1, a_2, a_3 — корни системы уравнений Рунта.

После преобразования выражения (4) получаем следующую систему

$$\begin{aligned} & \left(\gamma^2 + \frac{1}{\gamma^2} + \frac{4}{7}\right) a_1 + \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{11\gamma^2}\right) \cdot b^2 \cdot a_2 + \\ & + \left(\frac{1}{7} + \frac{\gamma^4}{11}\right) \cdot a^2 \cdot a_3 = \frac{105k(a^2 - c^2)^2}{1024a^7 \cdot b^2}; \\ & \left(\frac{\gamma^2}{7} + \frac{1}{11\gamma^2}\right) \cdot a_1 + \left(\frac{3}{7} + \frac{3}{143\gamma^4} + \frac{4}{71\gamma^2}\right) \cdot b^2 \cdot a_2 + \\ & + \frac{1}{77}(1 + \gamma^4) \cdot a^2 \cdot a_3 = \frac{105k(a^2 - c^2)^2 \cdot c^2}{1024a^9 \cdot b^2}; \\ & \left(\frac{1}{7\gamma^2} + \frac{\gamma^2}{11}\right) \cdot a_1 + \frac{1}{77} \left(1 + \frac{1}{\gamma^4}\right) \cdot b^2 \cdot a_2 + \\ & + \left(\frac{3}{7} + \frac{3\gamma^4}{143} + \frac{4\gamma^2}{77}\right) \cdot a^2 \cdot a_3 = \frac{105k(a^2 - c^2)^2}{7148a^7 \cdot b^2}, \end{aligned}$$

где $\gamma = \frac{b}{a}$.

На рис. 2 приведены эпюры напряжений $\left(\frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2}\right)$ в доске с $\gamma = 5$, на рис. 3 — эпюры напряжений в бруске при условии сушки только с двух сторон.

Напряжения вычислены для двух случаев: 1) $a = 2$ см, $b = 10$ см, $c = 1,5$ см; 2) $a = 2$ см, $b = 2$ см, $c = 1,5$ см.

Величина K для обоих сечений одинакова и равна 40.

Из рисунков видно, что растягивающие напряжения σ_y достигают наибольшего значения в точках, расположенных на середине пласти. Касательные напряжения τ_{xy} вблизи этих точек малы, поэтому напряженное состояние в прилегающих областях приближается к одноосному.

Для того, чтобы получить эпюры напряжения в бруске с учетом удаления влаги с четырех сторон, нужно сложить два решения, изображен-

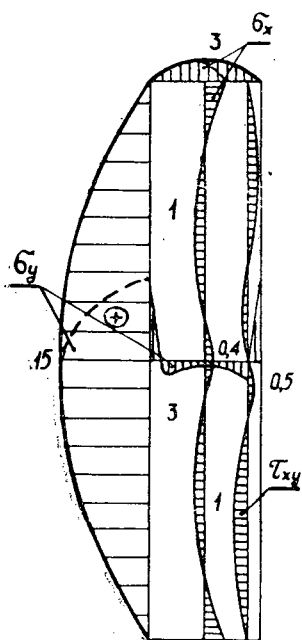


Рис. 2.

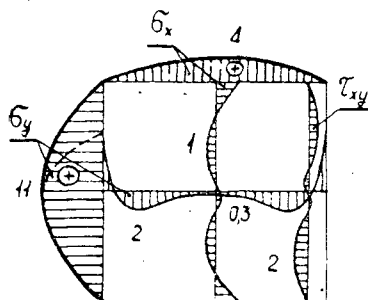


Рис. 3.

ные на рис. 3, повернув одно из них на 90° . Из рис. 3 видно, что наибольшая величина напряжений σ_x составляет примерно 35% от величины наибольших напряжений σ_y . Отсюда можно заключить, что максимальные растягивающие напряжения в бруске будут на 30—40% больше, чем в доске при одинаковом размере сторон бруска с пластью доски.

Из сравнения рис. 2 и 3 видно, какое влияние на величину наибольших напряжений σ_y оказывает отношение сторон γ . При изменении γ от 1 до 5 величина σ_y возрастает на 40%.

Так как древесина — упруго-пластический материал, то полученное решение справедливо для небольших напряжений. Если же напряжения будут велики, а соответственно будут большими пластические деформации, то полученное решение можно использовать в качестве первого приближения для построения решения с учетом упруго-пластических свойств древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Г. Михлин. Вариационные методы в математической физике. Гостехиздат, 1957. [2]. П. С. Сергеевский. Гидротермическая обработка древесины. Гослесбумиздат, 1958. [3]. Б. Н. Уголев. Внутренние напряжения в древесине при ее сушке. Гослесбумиздат, 1959.

Поступила в редакцию
24 октября 1964 г.

УДК 634.0.813.11

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ АЗОПРОИЗВОДНЫХ ЛИГНИНА
И α -НАФТИЛАМИНА

В. М. НИКИТИН

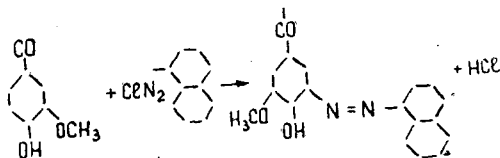
Профессор, доктор химических наук

Н. И. ВАСИЛЬЕВ

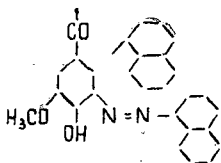
Старший лаборант Проблемной лаборатории химии целлюлозы и лигнина

(Ленинградская лесотехническая академия)

Разработанный нами метод получения азопроизводных лигнина [1], [2] был использован для сочетания щелочного сульфатного лигнина с α -нафтиламином по реакции.



Учитывая, что при сочетании лигнина с диазосоединением в щелочной среде количество азота в полученном продукте уменьшается (по сравнению с израсходованным в реакции диазосоединением), мы установили, что возможна и другая реакция, дающая продукт следующего строения:



Таким образом, в результате сочетания сульфатного лигнина с диазотированным α -нафтиламином в щелочной среде образуется продукт, содержащий нафтильные радикалы, соединенные с молекулами лигнина, которые могут сильно изменять физические и химические свойства исходного лигнина.

Мы получили продукт взаимодействия щелочного сульфатного лигнина, содержащий не более 3% азота, что соответствует примерно 0,25—0,30 молям прореагировавшего с лигнином диазотированного α -нафтиламина. Это количество азота отвечает примерно образованию такого количества азопрупп, которое соответствует наличию в лигнине свободных фенольных гидроксидов.

Однако опыт показывает, что в щелочной среде с лигнином реагирует гораздо большее количество диазотированного α -нафтиламина, то есть расход диазосоединения на реакцию значительно превышает то количество азогрупп, которое образуется при этом. Значит при реакции с выделением азота может прореагировать значительное количество диазотированного α -нафтиламина. В результате получается лигнин, арилированный в ядре. Метод определения присоединившихся к лигнину нафтильных радикалов по содержанию азогрупп и вообще по содержанию азота не может быть использован вследствие того, что при одной из реакций взаимодействия диазопроизводных с лигнином происходит выделение азота.

Продукт взаимодействия лигнина с диазотированным α -нафтиламином значительно отличается по свойствам от исходного лигнина. Его цвет изменяется от светло-коричневого до красно-коричневого и даже вишневого в зависимости от содержания нафтильных радикалов. Если сульфатный щелочной лигнин не растворим в эфирах, углеводородах и хлорпроизводных углеводородов, то в зависимости от содержания нафтильных радикалов в лигнине нафталиновые производные набухают или даже хорошо растворяются в неполярных растворителях, продолжая в то же время растворяться в щелочах. Вследствие того, что нафталиновые производные лигнина не содержат каких-либо функциональных групп, определяя которые можно было бы судить о количестве присоединившихся к лигнину нафтильных радикалов, было высказано предположение о том, что их количество может быть определено по изменению содержания углерода в полученных продуктах по сравнению с исходным лигнином.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных элементарного анализа полученных продуктов сочетания лигнина с диазотированным α -нафтиламином представлено в табл. 1.

Таблица 1

Отношение лигнина к диазотированному α -нафтиламину	Содержание углерода в продукте (%)	
	теоретическое	экспериментальное
1:0,25	62,7	62,5
1:0,50	66,8	68,7
1:1	72,4	71,2
1:1,5	75,2	74,2
1:2	78,6	79,8

В исходном щелочном сульфатном лигнине содержалось 57,2% углерода.

Экспериментальная часть

В качестве примера приведем получение продукта с соотношением лигнина к α -нафтиламину как 1:0,5. За единицу была принята фенолпропановая элементарная единица лигнина с молекулярным весом 180. Было взято 18,45 г лигнина (считая на абс. сухой), и это количество растворено в избытке 2 н. едкого натра; 6,55 г α -нафтиламина диазотировали обычным методом в среде 2 н. соляной кислоты.

В охлажденный до 5° С раствор лигнина в щелочи (следует брать такое количество едкого натра, чтобы после добавки кислого раствора диазосоединения среда оставалась щелочной) постепенно добавляли

охлажденный раствор диазосоединения. Конец реакции определяли обычным способом по окрашиванию вытека от капли раствора хромотроповой кислоты, которая со свободным диазосоединением дает окрашивание, а после того, как диазосоединение израсходуется на реакцию с лигнином, окрашивания не будет. Полученный щелочной раствор осаждают соляной или серной кислотой, нагревают 10—15 мин на водяной бане для коагуляции осадка, отфильтровывают и промывают горячей водой.

Этим методом были получены все соединения, указанные в табл. 1, с соответствующим изменением количеств использованных веществ.

Углерод в лигнине и полученных продуктах определяли обычным микрометодом элементарного анализа.

Таким образом, высказанное выше предположение оказалось справедливым: количество нафтильных остатков в производных лигнина можно устанавливать путем элементарного анализа с определением содержания углерода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. М. Крошилова, В. М. Никитин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964.
- [2]. В. М. Никитин. Авторские свидетельства СССР № 158282, 158283, 161775 и 161776.

Поступила в редакцию
9 ноября 1964 г.

УДК 676.1.022.168 : 547.458.81

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ОТРАБОТАННЫХ ЩЕЛОКОВ ОТ ГОРЯЧЕГО ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Ю. Н. НЕПЕНИН

Доцент, кандидат технических наук

А. Д. БУЕВСКАЯ

Младший научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

Для облагораживания вискозной целлюлозы в отбельных отделах сульфит-целлюлозных заводов затрачивают значительное количество едкого натра. При промывке массы, выходящей из башни горячего облагораживания, вся эта щелочь уходит с промывными водами в канализацию, что представляет собой большие потери для производства. Одновременно с промывными водами уходят и перешедшие в раствор во время облагораживания органические вещества, количество которых также весьма значительно, так как потери на «химический угар волокна» при горячем облагораживании достигают 20—25%. Органические вещества и щелочь, содержащиеся в отработанных щелоках, загрязняют воду в водоемах, что вынуждает заботиться о специальных мероприятиях по их обезвреживанию. Таким образом, вопрос о возможности утилизации щелоков от облагораживания имеет большой практический интерес как с экономической, так и с санитарной точек зрения.

Мы проверили возможность использования отработанных щелоков от облагораживания для приготовления сульфитной варочной кислоты. При исследовании состава таких щелоков основное внимание было уделено определению Na_2O , способной связываться с SO_2 . С этой целью приготавливали водный раствор SO_2 и 1 мл этого раствора титровали 0,1 н. раствором NaOH в присутствии индикатора бромфенолового синего. В другой пробе к 1 мл раствора SO_2 добавляли 1 мл щелока от облагораживания и также титровали 0,1 н. раствором NaOH . Разница, умноженная на 0,31, соответствует процентному содержанию Na_2O , связываемому с SO_2 . «Общую титруемую» Na_2O определяли прямым титрованием 1 мл щелока (разбавленного примерно в 100 раз дистиллированной водой) децинормальной HCl в присутствии бромфенолового синего до перехода окраски из сине-фиолетовой в зеленую. Всю Na_2O определяли по методу Моэ.

Предварительно мы исследовали смоляную часть органических веществ щелока. Дело в том, что при использовании щелока для приготовления варочной кислоты было отмечено сильное помутнение рас-

твора, а затем выпадение довольно объемистого осадка светло-коричневого цвета. Характер осадка зависел от концентрации раствора. При приготовлении кислоты на предварительно упаренных (в 2—3 раза) щелоках осадок имел хлопьевидный творожистый вид, быстро отстаивался, а прозрачный раствор кислоты легко декантировался. При приготовлении кислоты на неупаренных щелоках осадок имел коллоидный или тонкодисперсный характер. Полностью (до прозрачного фильтра) отделить такой осадок на фильтре не удавалось. Осадок не коагулировался при нагревании, при добавлении активированного угля и при центрифугировании. После отделения основной массы осадка путем отфильтровывания на бумажном фильтре и после сушки его в вакуум-шкафу осадок растворяли в серном эфире. Было замечено, что часть осадка (32,6%) растворялась в серном эфире, остальная часть (67,4%) полностью растворялась в ацетоне.

После сушки в вакуум-шкафу при температуре 70°С и вакууме 600—700 мм рт. ст. часть осадка экстрагировали ацетоном в аппарате Сокслета в продолжение 8 час; при этом растворилось 94,8% осадка. Из этого можно заключить, что осадок, выпадающий при приготовлении кислоты на отработанных щелоках от облагораживания, состоит из смоляных и жирных кислот, частично неокисленных и слабоокисленных (растворимых в эфире), частично сильно окисленных (растворимых в ацетоне).

С целью получения различных щелоков мы провели опыты облагораживания производственных образцов вязкой целлюлозы целлюлозно-бумажных комбинатов А и В.

Целлюлоза комбината А (один образец) была отобрана в отбельном отделе после башни хлорирования; остаточная перманганатная жесткость ее оказалась равной 19°Б. Хлорированная целлюлоза была тщательно промыта и подвергнута горячей щелочной обработке по различным режимам, указанным в табл. 1 (опыты № 1—6).

№ опыта	Исходная целлюлоза	Свойства исходной целлюлозы		
		жесткость в перманганатных единицах, °Б	содержание альфа-целлюлозы, %	вязкость в 1%-ном растворе аммиака при 20°С, мл/з
1	Хлорированная комбината А	19	—	—
2	" "	19	—	—
3	" "	19	—	—
4	" "	19	—	—
5	" "	19	—	—
6	" "	19	—	—
7	Небеленая комбината В	65	87,0	1240
8	Хлорированная комбината В	30	86,9	1166
9	Беленая комбината В	3,5	87,5	428

* Продолжительность облагораживания во всех опытах 2 час.

Целлюлоза комбината В — небеленая и хлорированная — была отобрана от одной партии. Часть хлорированной подвергали лабораторной щелочной обработке на холоду в течение 1 час 30 мин при расходе NaOH — 2% от абс. сухого волокна и концентрации массы — 4%. После тщательной промывки горячей и холодной водой была проведена гипохлоритная отбелка в одну ступень по следующему режиму: расход хлора — 1% от абс. сухого волокна, концентрация массы — 8%, темпе-

ратура — 35° С, продолжительность — 4 час. Все три образца целлюлозы комбината В — небеленая, хлорированная и беленая — были подвергнуты облагораживанию по одному и тому же режиму (опыты № 7—9).

Свойства целлюлоз, полученных после облагораживания, представлены в табл. 1. Результаты анализов щелоков, полученных после облагораживания, приведены в табл. 2.

В дальнейшем для простоты объяснения образцы целлюлоз и щелоков будем нумеровать соответственно номеру опыта облагораживания.

Как видно из приведенных данных, щелок № 1 (от опыта облагораживания с малым расходом щелочи — 5%) имел наименьшее отношение содержания «всей» и «связываемой» Na_2O к органическому остатку (0,68 и 0,38). Следовательно, с кислотой, приготовленной на этом щелоке, на варку будет введено наибольшее количество органических веществ.

Максимальное (из первых четырех опытов) отношение содержания «всей» и «связываемой» Na_2O к органическому остатку имел щелок № 4 — от опыта облагораживания с большим расходом щелочи (11% NaOH); следовательно, с этим щелоком в кислоту будет введено относительно меньшее количество органических веществ. Щелока № 2 и 3 занимают промежуточное положение по всем показателям.

В опытах № 5 и 6 был получен щелок от облагораживания того же образца хлорированной целлюлозы, что и в опытах № 1—4. В опыте № 5 облагораживание проводили по режиму опыта № 3, который можно считать наиболее обычным для вязкозной целлюлозы. В опыте № 6 облагораживание проводили при высокой температуре и повышенной концентрации массы в соответствии с режимами, принятыми в новых проектах. Как видно, щелок № 6 имел относительно большее содержание Na_2O «всей», определяемой по Mo_2 , что объясняется более

Таблица 1

Режим облагораживания*			Свойства облагороженной целлюлозы				
расход NaOH , % к абс. сухому волокну	концентрация массы, %	температура, °С	выход, % от исходной целлюлозы	содержание альфа-целлюлозы, %	жесткость в перманганатных единицах, °Б	вязкость в 1%-ном медно-аммиачном растворе, млз	содержание лигнина, %
5	10	95	89,0	92,2	—	382	0,28
8	10	120	79,0	95,0	—	426	0,14
8	10	95	83,5	93,7	—	392	0,22
11	10	95	78,5	96,0	—	392	0,12
8	10	95	85,0	93,9	8	—	—
8	14	135	72,0	95,2	7	—	—
8	10	95	83,6	94,4	50	1124	—
8	10	95	84,0	94,0	13	1311	—
8	10	95	84,5	92,0	3	390	—

высокой концентрацией щелочи, взятой для опыта. Отношение Na_2O «связываемой» к органическому остатку оказалось у этого образца несколько большим, чем у щелока № 5.

Сопоставляя между собой состав щелоков № 7, 8 и 9, полученных при облагораживании небеленой, хлорированной и беленой целлюлозы комбината В, можно видеть, что они имеют довольно близкую характеристику, очевидно, вследствие одинакового режима облагораживания.

Таблица 2

№ образ-ца щелока	рН	Сухой остаток, %	Зольный остаток, %		Органический остаток, % к сухому остатку	Na ₂ O «связываемая», %	Na ₂ O «общая титруемая», %	Вся Na ₂ O (по Моз), %	Отношение Na ₂ O «связываемой» ко «всей»	Отношение Na ₂ O «связываемой» к органическому остатку	Отношение Na ₂ O «всей» к органическому остатку	NaCl, %
			к щелоку	к сухому остатку								
1	—	1,79	0,62	34,82	65,18	0,248	0,248	0,449	55,2	0,380	0,68	0,105
2	—	3,15	1,20	38,02	61,98	0,310	0,310	0,593	52,3	0,500	0,95	0,158
3	—	3,18	1,31	41,20	58,80	0,403	0,403	0,664	60,7	0,685	1,13	0,146
4	—	3,59	1,52	42,31	57,69	0,527	0,527	0,921	53,2	0,913	1,59	0,164
5	9,65	2,98	1,24	41,62	58,38	0,310	0,310	0,739	41,94	0,531	1,26	0,146
6	7,75	5,18	2,07	40,00	60,00	0,372	0,372	1,214	30,64	0,620	2,02	0,175
7	—	2,81	1,11	40,40	59,60	0,372	0,372	0,635	58,6	0,624	1,06	—
8	—	2,85	1,16	40,81	59,19	0,372	0,372	0,645	57,6	0,628	1,09	—
9	—	2,66	1,08	40,84	59,16	0,403	0,403	0,668	60,3	0,681	1,13	—

Щелока № 7, 8 и 9 близки по своему составу к щелокам № 3 и 5, которые были получены при таком же режиме облагораживания.

Таким образом, состав щелоков в большей степени зависит от режима облагораживания (расхода NaOH и температуры), чем от происхождения целлюлозы.

Следует отметить, что Na₂O, «связываемая» с SO₂, составляет лишь от 30 до 60% от содержания всей Na₂O (включая минеральную). Разница между «всей» и «связываемой» Na₂O далеко не покрывается содержанием NaCl (в пересчете на Na₂O) и должна быть, очевидно, отнесена за счет натриевых соединений или солей, которые не титруются ни сернистой, ни соляной кислотой.

Щелок № 5 был подвергнут различным обработкам: а) продувке воздухом при помощи водоструйного насоса в течение 2 час при нагревании на водяной бане до 70—75° С; б) продувке углекислотой в течение 2 час при температуре 70—75° С (нагрев на водяной бане); в) нагреванию в течение 2 час на водяной бане; г) нагреванию при 70—75° С с перекисью водорода (на 300 мл щелока 15 мл 30%-ного раствора H₂O₂) в течение 2 час на водяной бане в колбе с обратным холодильником.

После обработки щелок имел показатели, указанные в табл. 3.

Таблица 3

№ щелока	Обработка	Содержание «связываемой» Na ₂ O, %	рН щелока
5, а	Продувка воздухом	0,310	8,8
5, б	Продувка СО ₂	0,310	7,1
5, в	Нагревание на водяной бане	0,310	9,5
5, г	Обработка H ₂ O ₂	0,150	7,5

Как видно из приведенных данных, в щелоче № 5, г значительно снизилось содержание Na₂O, связываемой с SO₂, очевидно, за счет образования органических кислот. Остальные виды обработки щелока не оказали воздействия на содержание «связываемой» Na₂O. Но в то же время рН щелоков понизился (за исключением щелока № 5, в).

Для проверки результатов титрования щелоков с бромфеноловым синим было проведено потенциметрическое титрование. Результаты показали, что переход окраски бромфенолового синего (в зеленую с лиловым оттенком), принятый нами, отвечает значению рН, равному 4,05—4,07.

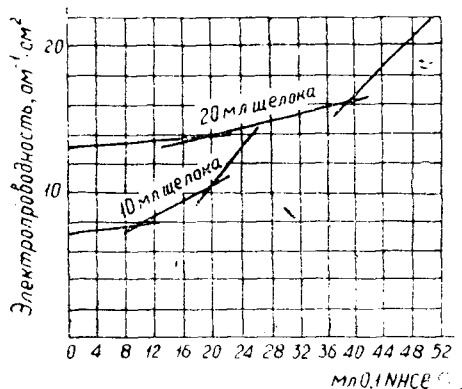


Рис. 1. Кондуктометрическое титрование щелока от опыта облагораживания хлорированной целлюлозы (опыт № 8).

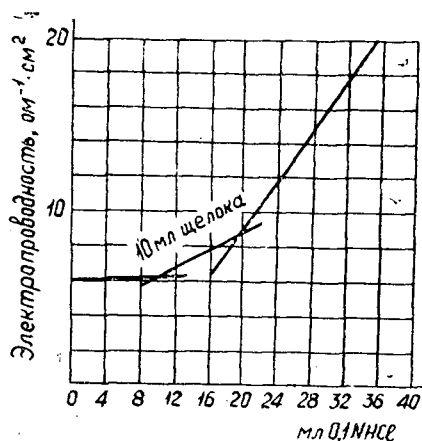


Рис. 2. Кондуктометрическое титрование щелока от опыта облагораживания целлюлозы при температуре 95°С (опыт № 5).

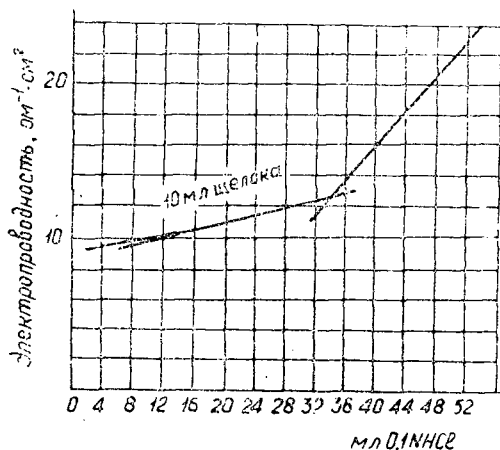


Рис. 3. Кондуктометрическое титрование щелока от опыта облагораживания целлюлозы при температуре 135°С (опыт № 6).

На рис. 1, 2 и 3 представлены кривые кондуктометрического титрования некоторых образцов щелоков.

Характерным для всех титрований является отсутствие начального отрезка, отвечающего титрованию свободной NaOH. Но во всех случаях наблюдались два участка прямой до начала титрования свободной HCl. Можно считать, что титруемая щелочь в щелоке от облагораживания связана с кислотными веществами двоякого рода. Часть щелока, очевидно, связана в виде солей относительно слабых органических кислот, часть — с более сильными органическими кислотами; причем те и другие кислоты — продукты разрушения углеводов (оксикислоты и т. п.).

При сопоставлении результатов кондуктометрического и потенциометрического титрования оказывается, что перемена окраски, принятая нами при определении «связываемой» Na₂O и отвечающая pH = 4,05 ÷ 4,07, соответствует примерно первой переломной точке кондукто-

метрической кривой. Следовательно, при приготовлении варочной кислоты на отработанных щелоках от облагораживания сернистая кислота отнимает основание только от первой группы кислых веществ — более слабых кислот; щелочь же, связанная с группой более сильных кислот, остается в варочном растворе в виде дополнительного буфера.

При рассмотрении кондуктометрических кривых титрования щелоков от облагораживания хлорированной целлюлозы при 95 и 135°С (рис. 2 и 3) обращает на себя внимание, что во втором случае точка перелома кривой нечеткая и второй прямой участок, отвечающий содержанию «буферной» щелочи, связанной с более кислыми органическими веществами, весьма растянут. Это результат облагораживания при высокой температуре.

Дипломантка М. М. Касвинова анализировала органическую часть отработанных щелоков от облагораживания. Органический остаток исследуемого щелока составлял 7,6 Г/л. Пробу щелока от облагораживания, подкисленную уксусной кислотой до кислой реакции, экстрагировали серным эфиром, а затем бутанолом. Оставшийся после экстракции водный раствор упаривали под вакуумом и высушивали. Эфирная вытяжка (нейтральные вещества, неокисленные смоляные и жирные кислоты и слабо окисленные) составила 0,87 Г/л; бутанольная вытяжка (окисленные кислоты, низкомолекулярная часть лигнина) — 1,52 Г/л; воднорастворимая часть (высокомолекулярная часть хлор-лигнина, полимеризованная смола, наиболее окисленная воднорастворимая часть смолы, перешедшие в раствор углеводы) — 5,12 Г/л. В отдельной пробе мы разделили бутанольный экстракт на смоляную часть и лигнин. Было получено содержание смолы — 95%, лигнина — 5% и нейтральных веществ — следы. Углеводную часть щелока не анализировали.

Следовательно, в составе органических веществ, содержащихся в отработанных щелоках от горячего облагораживания, основную часть (не менее 80%) составляют продукты разрушения углеводов — гемицеллюлоз и целлюлозы (главным образом, оксикислоты), остальную часть составляют смолистые вещества, хлор-лигнин и продукты его разрушения. При подкислении раствора (при приготовлении варочной кислоты) образуются осадки или коллоидные взвеси, состоящие практически нацело из смолистых веществ.

Поступила в редакцию
12 ноября 1964 г.

УДК 546.22 : 634.0.813.11

ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ В ТИОЛИГНИНАХ

О. Ф. ГОРБУНОВА

Аспирант

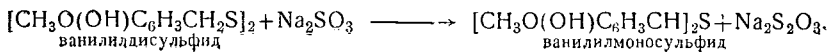
Б. Д. БОГОМОЛОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт, Проблемная лаборатория и кафедра химии древесины, целлюлозы и технологии гидролизного производства)

В последние годы внимание ряда исследователей привлекает проблема присутствия и количественного содержания органически связанной и элементарной серы в тиолигнинах. Эта проблема имеет прямое отношение к теории сульфатной варки целлюлозы.

Существуют различные методы определения серы в тиолигнинах [1], [5], [10]. Однако в последних кроме элементарной серы могут содержаться также сульфидная и дисульфидная сера [2]. Органические дисульфиды реагируют как с сульфитом натрия, так и с цианистым калием с образованием меркаптидов и алкилтиосульфидов соответственно [4]. Исследования [11] показали, что модельные дисульфиды под действием сульфита натрия и цианистого калия могут полностью превращаться в сульфидные соединения



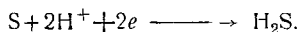
В щелочном растворе ванилилмоносульфид может разлагаться уже при 85° С с образованием ванилилового спирта, дигваяцилметана и полимеров [11].

Мы предположили, что для определения элементарной серы в тиолигнинах можно применить полярографический метод [3], [6], [7], [9]. Впервые этот метод применили М. И. Гербер и А. Д. Шушарина [3]. При определении серы они растворяли бензин в 90 %-ном этаноле. В этом случае при применении в качестве индифферентного электролита — фона 0,05 н. раствора серной кислоты потенциал восстановления элементарной серы равен — 0,2 в, около — 0,45 в заметен небольшой максимум, и при — 1,2 в наблюдается диффузионный ток, величина которого пропорциональна концентрации серы. Другим фоном может служить 0,02 н. раствор тетраметиламмония в 85 %-ном этаноле.

Элементарная сера в растворе пиридин — ацетат натрия — уксусная кислота — тилоза (метилцеллюлоза) дает волну восстановления при — 0,7 в [7]. Для определения серы в керосиновых дистиллатах в качестве растворителя применяли смесь из равных объемов бензола и этанола, а фоном служила смесь ацетата натрия с уксусной кислотой.

При определении серы в вулканизатах последние экстрагируют пиридином и пиридиновые растворы полярографируют.

Свободную серу определяют полярографически в сернистых красителях [6], экстрагируя элементарную серу бензолом в аппарате Сокслета и полярографируя бензольный раствор на фоне, содержащем метанола 63%, бензола 27, пиридина 8,5 и концентрированной соляной кислоты 1,5%. Электродный процесс восстановления элементарной серы идет по следующей схеме:



Пределы концентраций, в которых можно определить серу, сравнительно узкие, так как при концентрации выше 0,6 ммоль/л поверхность ртути на дне электролизера покрывается пленкой сернистой ртути. При малых концентрациях эта поверхность остается чистой. Необходимо отметить, что при количественных определениях серы требуется тщательное удаление кислорода, так как даже оставшиеся следы его искажают результаты анализа.

Экспериментальная часть

Исследования проводили на регистрирующем венгерском полярографе Orion KTS типа 7-77-46 с чувствительностью от $8 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-9}$ а/мм с ртутным капельным катодом и внутренним анодом.

При выборе условий полярографического определения серы в тиолигнине учитывали возможность неполного извлечения ее при экстракциях вследствие замурованности серы в частицах лигнина. Поэтому мы применяли не экстракты серы из тиолигнина, а непосредственно полярографировали растворенные навески тиолигнинов. В качестве полярографического фона применяли спирто-сульфоксидно-диоксановый раствор, содержащий ацетат натрия и уксусную кислоту. Запись полярограмм производили на фоне, содержащем примерно 0,075 М ацетата натрия и 0,04 М уксусной кислоты.

Для точного полярографирования на этом фоне необходимо полное отсутствие кислорода. Освобождение от кислорода достигали продувкой раствора гелием до начала опыта, а также во время записи полярограммы.

При определении количества серы в лигнинах пользовались методом добавок, который состоит в том, что сначала снимают полярограмму анализируемого раствора, затем к последнему прибавляют типовой раствор с известной концентрацией определяемого вещества и снимают вторую полярограмму. Для достижения максимальной точности в определении необходимо прибавить такое количество типового раствора, чтобы высота волны получилась приблизительно вдвое больше первоначальной.

Приготовление растворов

Для приготовления фона растворяли 14 г ацетата натрия и 6 мл ледяной уксусной кислоты в 1 л этанола, добавляли 50 мл воды и по 75 мл диоксана и диметилсульфоксида. Фон ячейки несколько отличался от общего фона, так как он состоял из 6—7 мл общего фона и 2 мл диоксан-сульфоксидного (1 : 1) раствора лигнина.

Типовые растворы серы готовили на диоксане. В мерной колбе на 50 мл растворяли 3—5 мг серы перекристаллизованной из бензола (в частном случае 4,62 мг). Этот типовой раствор № 1 применяли в каче-

стве добавок к образцам лигнина с содержанием серы более 1%; 1 мл типового раствора № 1 содержит 0,06—0,10 мг элементарной серы (в частном случае 0,0924 мг). Типовой раствор № 2 в качестве добавок к образцам лигнина, содержащим небольшое количество (менее 1%) элементарной серы, готовили пятикратным разбавлением раствора № 1, то есть 1 мл этого раствора содержал 0,012—0,020 мг элементарной серы.

Выполнение определения

Перед записью полярограммы исследуемого вещества проводили холостой опыт — запись полярограммы фона, то есть общего фона с добавлением 1 мл диоксан-сульфоксидного раствора без лигнина. В пределах полярографирования (от 0 до —1 в) проводили компенсацию тока заряжения (конденсаторного тока) в растворе, содержащем все компоненты, кроме лигнина. После этого навеску исследуемого образца лигнина 0,5—5 мг помещали в ячейку для полярографирования и растворяли в 2 мл диоксан-сульфоксидного (1 : 1) раствора. Затем туда же добавляли 6—7 мл общего фона, после чего в ячейку помещали ртутные электроды и через раствор продували гелий в течение 10—15 мин.

Полярограмму снимали несколько раз при одной и той же чувствительности.

Волну серы находили как среднее из нескольких записей высоты волны при одной и той же навеске

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

К исследуемому раствору в ячейку добавляли 0,5—2,0 мл типового раствора и снова записывали несколько раз полярограмму, получая суммарную высоту волны серы в лигнине и серы типового раствора

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

Во время записи полярограммы раствор непрерывно продували инертным газом. Высота полученных волн прямо пропорциональна концентрации серы в растворе.

Расчетная формула для определения процентного содержания элементарной серы в растворе имеет следующий вид:

$$S = \frac{h \cdot a \cdot c \cdot 100}{(l - h) \cdot b} \%,$$

где h — высота волны серы в определяемом веществе;

b — навеска лигнина;

c — число мл типового раствора элементарной серы;

a — количество элементарной серы в 1 мл типового раствора;

l — суммарная высота волны серы в лигнине и серы типового раствора.

На фоне ацетат натрия — уксусная кислота в спирто-диоксан-сульфоксидном растворе в пределах от 0 до —1 в были получены полярограммы различных образцов тиолигнина (рис. 2), различных количеств элементарной серы и лигнинов, содержащих и не содержащих серу.

На рис. 1 приведены полярограммы тиолигнина, содержащего элементарную серу. На рисунке обозначены: $a_1 a_2$ — полярографические волны двух параллельных определений серы; $h_1 h_2$ — параллельные опре-

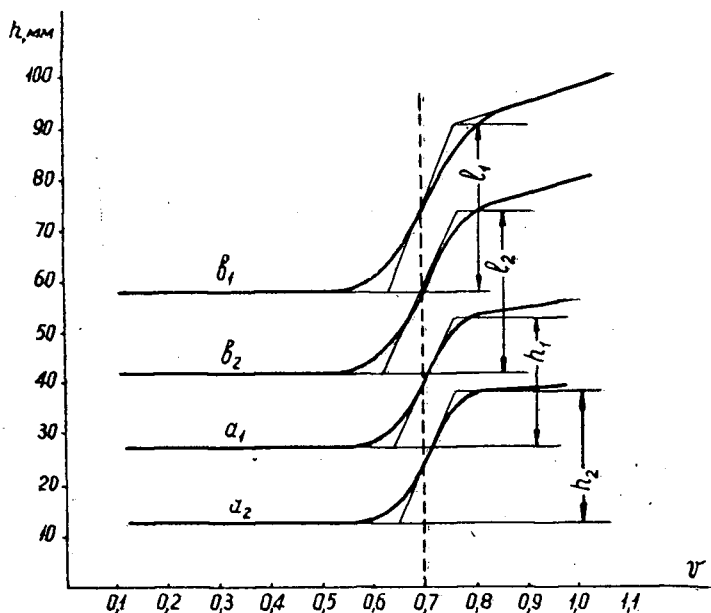


Рис. 1.

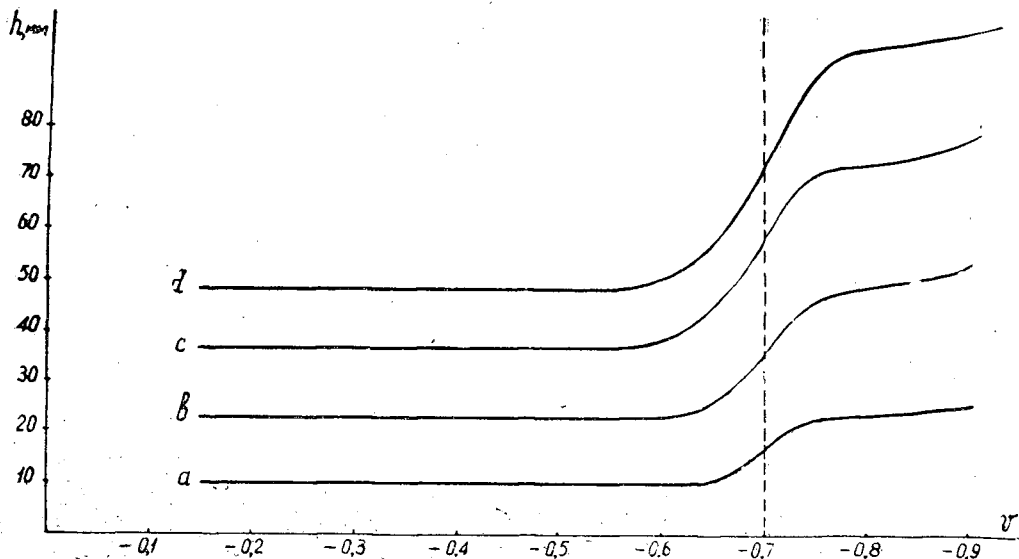


Рис. 2.

деления высоты волны серы в тиолигнине; b_1, b_2 — полярографические волны серы в лигнине с добавкой типового раствора; l_1, l_2 — параллельные записи суммарных волн серы в тиолигнине и серы типового раствора.

На рис. 2 даны полярограммы различных количеств элементарной серы: a — 0,0184 мг элементарной серы, высота волны 11,5 мм; b — 0,0368 мг серы, высота 23 мм; c — 0,0552 мг серы, высота 34,5 мм; d — 0,0736 мг серы, высота 46 мм.

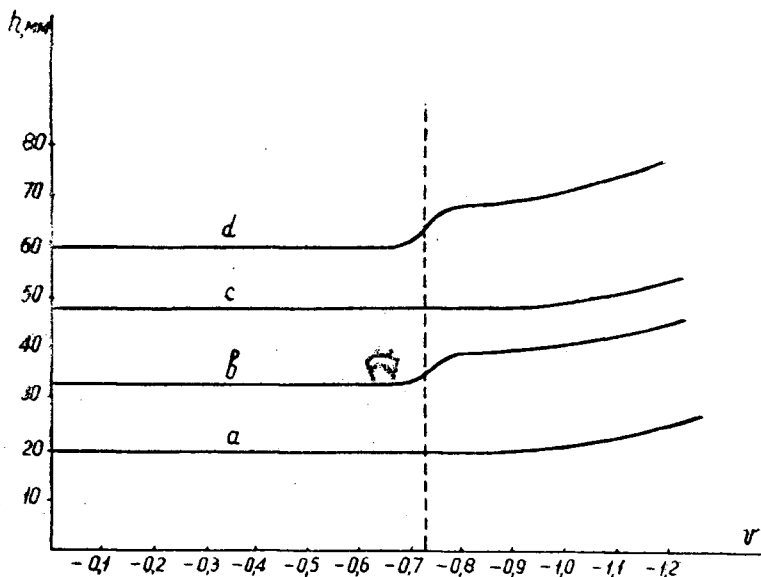


Рис. 3.

Из рис. 2 видно, что высота волны серы на полярограммах пропорциональна концентрации серы. Потенциал полуволны восстановления элементарной серы, как видно из рис. 1 и 2, равен приблизительно — 0,7 в.

На рис. 3 приведены полярограммы натронного лигнина (а) и тиолигнина (с), не содержащего элементарной серы, и полярограммы тех же лигнинов после добавки 0,0184 мг элементарной серы — натронного (в) и тиолигнина (d). Из рис. 3 видно, что лигнин в области от 0 до — 1 в на фоне ацетат натрия — уксусная кислота в спирто-диоксансульфоксидном растворе не дает волны и не мешает определению элементарной серы. Из рис. 1, 2, 3 следует, что потенциал полуволны серы в образцах лигнина находится в пределах $\frac{1}{2} E = -0,68 \div -0,72$ в. Это зависит от величины навески и содержания серы. Количество серы в полярографируемом растворе в ячейке должно быть в пределах 0,01—0,20 мг.

Исходя из того, что количество серы в полярографируемом растворе не должно превышать 0,6 ммол/л, при заполнении ячейки 10 мл раствора удобно пользоваться ориентировочными навесками лигнина и количествами типового раствора, данными в табл. 1.

Таблица 1

Содержание элементарной серы в лигнине, %	Рекомендуемая навеска лигнина, мг	Количество добавляемого типового раствора (мл) при содержании серы, мг/мл		Количество серы в ячейке, мг		Чувствительность прибора, а/мм
		0,06—0,10	0,012—0,020	до прибавления типового раствора	после прибавления типового раствора	
0,2	6—7	0,2	1,0	0,012—0,014	0,025—0,035	$4 \cdot 10^{-8}$
0,4	4—5	0,2	1,0	0,016—0,02	0,036—0,04	$4 \cdot 10^{-8}$
1,0	2—3	0,3—0,4	1—1,5	0,02—0,03	0,06—0,08	$1 \cdot 10^{-7}$
5,0	1—2	0,8—1,0	—	0,05—0,10	0,15—0,20	$4 \cdot 10^{-7}$
10,0	0,5—1	0,8—1,0	—	0,05—0,10	0,15—0,20	$4 \cdot 10^{-7}$
20,0	0,25—0,5	0,8—1,0	—	0,05—0,10	0,15—0,20	$4 \cdot 10^{-7}$

Таблица 2

№ образца лигнина	Содержание элементарной серы, %	Отклонение от среднего значения, %	Относительная ошибка определения, %
56, а	1,170	+0,005	+0,43
"	1,150	-0,015	-1,29
"	1,145	-0,020	-1,72
"	1,195	+0,030	+2,56
56, а-1	0,388	+0,029	+8,06
"	0,330	-0,029	-8,06
5а, с	1,980	+0,070	+3,65
"	1,890	-0,020	-1,05
"	1,870	-0,050	-2,60

Для выяснения точности метода было проведено несколько определений элементарной серы при различных навесках и разных чувствительностях прибора. Эти определения дали результаты, приведенные в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что отклонение параллельных определений от среднего значения в среднем составило $\pm 2,5\%$. Следует отметить, что для получения близких результатов параллельных определений необходимо образцы лигнина тщательно растирать и просеивать через сито № 100.

Таким образом, полярографическое определение элементарной серы в лигнине — простой и быстрый метод. Для проведения определения требуется весьма небольшое количество вещества — 1—3 мг; продолжительность опыта не более 30 мин. Относительная точность определения составляет $\pm 2,5\%$. Лигнин не мешает полярографическому определению элементарной серы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. В. Алексеевский, Р. К. Гольц, А. П. Мусакина. Количественный анализ. Госхимиздат, 1953, стр. 616. [2]. Ф. Э. Браунс, Д. А. Браунс. Химия лигнина. Перевод с английского под редакцией М. И. Чудакова, изд-во «Лесная промышленность», 1964, стр. 465—498. [3]. М. И. Гербер, А. Д. Шушарина. ЖАХ, 1950, т. V, в. 5. [4]. Губен-Вейль. Методы органической химии. Госхимиздат, 1963, стр. 591. [5]. Ю. В. Жигалов, Д. В. Тищенко. ЖПХ, т. XXXV, в. 1. 1962. [6]. Исли Такэси Тунсэки Качасу. Japan Analyst Nr. 12, 1962, 1259—1254. Цитировано по РЖХ, т. 18, 1963, 202. [7]. Т. А. Крюкова, С. И. Синякова, Т. В. Арефьева. Полярографический анализ. Госхимиздат, 1959, стр. 393—394. [8]. Ю. Н. Непенин. Технология целлюлозы. ГЛБИ, 1963, стр. 64—68. [9] Р. Д. Оболенцев, А. А. Ратовская. Химия сероорганических соединений. Изд. АН СССР, 1958, стр. 50—57. [10]. Справочник бумажника. Т. 1, ГЛБИ, 1955, стр. 679. [11]. T. E n k v i s t. Paperi ja puu. Nr. 11, 1963, p. 649—656.

Поступила в редакцию
6 февраля 1965 г.

УДК 668.445 : 674.87

**ИЗУЧЕНИЕ НЕОМЫЛЯЕМОЙ ФРАКЦИИ СМОЛИСТЫХ
ВЕЩЕСТВ ХВОИ****Сообщение 1****Н. К. ЛЫСЯК**

Аспирант

А. Л. АГРАНАТ

Старший научный сотрудник

Ф. Т. СОЛОДКИЙ

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия, Проблемная лаборатория
по использованию живых элементов дерева)

Своими работами мы доказали возможность получения имеющих широкое применение в медицине концентратов хлорофиллина натрия из смолистых веществ хвои.

В процессе получения хлорофиллина натрия [1], [3] при омылении смолистых веществ около 30% их переходит в неомыляемую фракцию. Изучение состава этой фракции представляет большой интерес, так как сюда входят вещества, обладающие высокой биологической активностью — фитол, стерины и их производные, жирорастворимые витамины, провитамины, некоторые пигменты, высокомолекулярные предельные и непредельные углеводороды.

Неомыляемые вещества (в полупроизводственных условиях) вначале получали путем омыления бензинового экстракта из хвои 10%-ной водной щелочью (при нагреве на водяной бане и равномерном перемешивании). При этом реакционная масса после отстаивания расслаивается на два слоя: нижний — водный слой растворов солей кислот, в том числе и хлорофиллинов (цвет раствора зеленый); верхний — бензиновый экстракт нейтральных (желто-зеленого цвета). Нижний слой направляется на выделение из него хлорофиллино-сырца [1].

При охлаждении бензинового экстракта нейтральные воскообразные продукты выпадают в осадок. Фильтрацией или декантацией бензиновый раствор освобождают от воскообразных продуктов и направляют далее на промывку водой и отгонку растворителя. Затем бензиновый экстракт неомыляемых снова омыляют 30%-ной полуспиртовой натриевой щелочью. Неомыляемые экстрагируют бензином. Бензин отгоняют с острым паром.

Чтобы не производить вторичного омыления, то есть сократить время и число операций, смягчить условия выделения неомыляемых (которые, как известно, нестойки), мы провели одностадийное омыле-

ние бензиновых экстрактов 30%-ной водной или 30%-ной полуспиртовой щелочью. Опыты были проведены параллельно с бензиновыми экстрактами одной и той же партии (январь 1964 г.). Кроме того, в этих опытах бензиновый экстракт перед омылением подвергали вымораживанию от воскообразных продуктов в течение 2—3 час при $t = 15^{\circ}\text{C}$. Только после отделения выпавшего осадка бензиновый экстракт при нагревании на водяной бане до $t = 50^{\circ}\text{C}$ и перемешивании обрабатывали 30%-ной водной щелочью или полуспиртовой той же концентрации.

Затем этот экстракт многократно промывали водой от избытка щелочи. Цвет бензинового экстракта неомыляемых — темно-оранжевый. Водный раствор омыленных смолистых дважды экстрагировали бензином и бензиновые экстракты после промывки водой присоединяли к основному. От полученного таким образом бензинового экстракта неомыляемых отгоняли бензин с острым шаром. Остатки растворителя и влаги в неомыляемых продуктах отгоняли под вакуумом (остаточное давление 10 мм рт. ст.).

Выход неомыляемых веществ из бензиновых экстрактов смолистых веществ хвой сосны и ели (соотношение пород 1,6:1) при омылении экстрактов водной щелочью и выход этих веществ при омылении спиртовой щелочью близки. Получение неомыляемых показано в табл. 1.

Таблица 1

№ опыта	Бензиновый экстракт из хвой на омыление				Количество нейтральных при омылении 10%-ной NaOH		Количество неомыляемых при омылении 30%-ной NaOH			Условия омыления.
	объем, л	концентрация смолистых, %	содержание смолистых, г	воскообразный осадок, г	выход (всего), г	в том числе воскообразных продуктов, г	г	% от исходного экстракта	% от экстракта после вымораживания	
1	5,0	6,5	3,5	—	126	37	48,3	14,9	—	Водная 10%-ная щелочь, а затем 30%-ная полуспиртовая
2	5,0	5,5	275	—	128	50	42,3	15,3	—	
3	6,0	5,0	301	49	—	—	58,5	19,4	23,2	30%-ная полуспиртовая щелочь.
4	6,0	8,9	534	111	—	—	106,0	19,9	25,1	
5	6,0	5,0	301	49	—	—	64,5	21,4	25,6	30%-ная водная щелочь.
6	6,0	8,9	534	111	—	—	106,6	20,0	25,2	
7	3,1	5,1	158	24	—	—	35,0	22,2	25,4	

Качественная характеристика неомыляемых была проверена нами сорбционной хроматографией и характер хроматограмм неомыляемых продуктов оказался одинаковым. Коэффициенты рефракций продукта, обработанного полуспиртовой щелочью, и продукта, обработанного водным раствором щелочи, практически тоже одинаковы (1,512 и 1,516 соответственно). Поэтому в дальнейших опытах по получению неомыляемых целесообразно омыление производить 30%-ной водной щелочью с предварительным вымораживанием воскообразных продуктов.

Неомыляемые вещества представляют собой маслянистый продукт желто-коричневого цвета со специфическим хвойным запахом. Характеристика образца неомыляемых дана в табл. 2.

Зеленое красящее вещество растений — хлорофилл находится в хлоропластах вместе с желтыми пигментами каротиноидами.

Неизменные спутники хлорофилла в растительных экстрактах —

Таблица 2

№ опыта	Малекулярный вес	n_D^{20}	Реакция Либермана—Бурхардта*	Содержание β -ситостерина, %	Содержание β -каротина, мг%	Иодное число	Несульфлируемые, %
1	375	1,516	Положительная	2,39	520	129,5	10,8
2	360	1,515	"	2,32	510	131,8	10,8

* Широко известную качественную реакцию на стерин по Либерману — Бурхардту проводят следующим образом: глазмерную пробу вещества растворяют в 10—20 каплях CHCl_3 , прибавляют 3—4 капли уксусного ангидрида и затем 2 капли концентрированной серной кислоты. Стерины дают следующий переход цветов: малиновый → фиолетовый → синий → зеленый.

воск и липоиды (жиры и жироподобные продукты). Омыление хлорофилла (вместе с липоидами) щелочью сопровождается нарушением структуры его молекулы. Конечные продукты — хлорофиллины, метиловый спирт и фитол. Неомыляемая фракция, выделяемая путем обработки водного раствора мыл не смешивающимся с водой растворителем, содержит, таким образом, многочисленные продукты, в том числе, фитол, стерины, жирорастворимые витамины, высокомолекулярные предельные и непредельные углеводороды и т. д.

Цель нашей работы — изучение состава неомыляемых веществ бензинового экстракта хвой и выделение из нее в дальнейшем следующих практически ценных компонентов: фитола, β -ситостерина, β -каротина и витамина E.

Таблица 3

Вещество	№ опыта	Температура отбора фракций, °C	Выход		n_D^{20}	Химическая характеристика фракций				
			г	%		стерины (%)		фитол (%), определенный методом		% гидроксильных групп (методом ацетилирования)
						по реакции Либермана—Бурхардта	дигитонинным методом	Гротга	Кноблска	
Исходные неомыляемые	1	—	39,0	100	1,515	Положительная	2,29	—	—	2,28
	2		58,0	100	1,516		2,32			2,31
I	1	до 95	5,94	14,9	1,506	Положительная	0,79	—	18,6	1,10
	2		9,71	16,7	1,515		0,79		19,5	1,18
II	1	до 115	4,41	11,0	1,510	Отрицательная	0,10	53,4	45,6	1,27
	2		6,96	11,8	1,511		0,12	52,4	45,2	1,25
III	1	до 135	4,58	11,5	1,517	Отрицательная	0,39	79,2	60,8	2,46
	2		6,72	10,9	1,517		0,38	79,9	61,7	2,45
IV	1	до 160	6,50	16,7	1,524	Положительная	7,08	32,9	25,9	2,89
	2		9,16	15,8	1,523		7,11	32,4	24,8	2,91
V	1	до 180	5,90	14,8	1,527	Положительная	7,73	13,1	11,1	2,04
	2		8,17	14,1	1,526		7,70	13,5	11,7	2,01
Остаток в колбе	1	—	8,41	21,1	1,511	Отрицательная	0,15	—	8,8	0,67
	2		11,55	19,9	1,512		0,12		8,5	0,69
Легколетучие масла	1	—	2,4	7,1	1,483	—	—	—	—	—
	2		4,47	7,7	1,484					
Потери	1	—	2,4	2,4	—	—	—	—	—	—
	2		—	3,0	—					

Для изучения состава неомыляемой фракции ее прежде всего подвергали фракционной вакуумной разгонке при $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., затем во фракциях разгонки химически определяли те или иные интересующие нас вещества (табл. 3). Кроме того, каждую фракцию пропускали через сорбционную колонку (сорбент — окись алюминия, проколенная при 700°C в течение 3 час). Глубоковакуумную разгонку производили на установке, дающей вакуум, близкий к нужному для молекулярной дистилляции. Вакуум в системе измеряли манометрической лампой Т-2 с вакууметром ВИТ-1А-П. Кроме водяного охлаждения (холодильник), для конденсации отгоняемых легколетучих газов использовали ловушки, охлаждаемые сухим льдом с ацетоном ($t = -75^\circ\text{C}$). Конденсируемые эфирные масла собирали после каждой разгонки.

Процесс вакуум-разгонки неомыляемых веществ включал в себя две стадии — дегазацию и собственно вакуум-разгонку.

Дегазацию производили вначале при обычной температуре и при разряжении, создаваемом форвакуумным насосом, затем температуру повышали до $50-60^\circ\text{C}$ (водяная баня). Продолжительность дегазации около 2 час. После этого включали диффузионный насос. Примерно через час вакуум в системе достигал $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., и тогда начиналась вторая стадия — вакуум-разгонка. Колбу с продуктом обогревали на масляной бане, температуру которой замеряли.

В результате вакуумных разгонок были получены следующие фракции: I фракция (отбор до $t = 95^\circ\text{C}$; $t_{\text{бани}}$ до 150°C) — маслянистая жидкость темно-оранжевого цвета, коэффициент рефракции $n_D^{20} = 1,506$; II (отбор от $t = 95$ до 115°C ; $t_{\text{бани}}$ до 180°C) — маслянистая жидкость темно-желтого цвета, $n_D^{20} = 1,510$; III (отбор от $t = 115$ до 135°C ; $t_{\text{бани}}$ до 200°C) — маслянистая жидкость светло-желтого цвета, коэффициент рефракции $n_D^{20} = 1,517$. Так как при температуре 135°C отгон при воздушном охлаждении застывал, отбор последующих фракций приходилось производить с дополнительным обогревом отводных трубок; IV (отбор от $t = 135$ до 160°C ; $t_{\text{бани}}$ до 270°C) — воскообразный продукт светло-желтого цвета, коэффициент рефракции $n_D^{20} = 1,524$; V фракция (отбор от $t = 160$ до 180°C ; $t_{\text{бани}}$ до 290°C) — твердый продукт темно-коричневого цвета с зеленоватым оттенком, $n_D^{20} = 1,527$. Остаток в колбе темно-коричневого цвета, $n_D^{20} = 1,511$. Выход фракций показан в табл. 4.

Таблица 4

№ опыта	Навеска неомыляемых, г	Фракции										Остаток в колбе		Легколетучее масло		Потери
		I		II		III		IV		V						
		г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	%
1	37,5	6,94	18,5	3,56	10,4	4,43	11,8	5,21	13,9	6,72	17,9	6,90	18,4	2,62	7,0	2,1
2	34,5	2,08	6,0	6,75	19,6	3,31	9,6	5,90	17,1	4,76	13,8	7,56	21,9	2,86	8,3	3,9
3	35,3	4,43	12,5	5,01	14,2	3,96	11,2	5,65	16,0	5,15	14,6	8,10	23,0	2,12	6,0	2,5
4	39,9	5,94	14,9	4,41	11,0	4,58	11,5	6,50	16,3	5,90	14,8	8,41	21,0	2,84	7,1	2,4
5	58,0	9,71	16,7	6,91	11,8	6,32	10,9	9,16	15,8	8,17	14,1	11,55	19,9	4,47	7,7	3,0

Из ловушек собраны легколетучие масла светло-желтого цвета с коэффициентом рефракции 1,483.

В полученных фракциях и остатке в колбе определено количество β -ситостерина и фитола, проведены качественная реакция на витамин E и качественное определение каротиноидов (по цвету фракций). Содержание β -ситостерина определяли дигитониновым методом (табл. 5) [4], [5].

Таблица 5

№ фракции	Вес фракции, Г	Вес высушенного дигитонида β -ситостерина, Г	Содержание β -ситостерина, %
I	0,3982	0,0123	0,785
II	0,2104	0,0009	0,109
III	0,2419	0,0037	0,392
IV	0,2449	0,0682	7,08
V	0,1570	0,0478	7,75
Остаток в колбе	0,2102	0,0013	0,15

Количество фитола определяли методами Knobloch'a [6], [7] и Hromatk'a [8]. Последний метод заключается в том, что к исследуемому образцу (1,0 Г) добавляют 1,6 Г 3,5-динитробензохлорида в пиридине. Образующийся динитробензойный эфир фитола экстрагируют серным эфиром, который затем отгоняют, а остаток — красноватое масло смешивают с α -нафтиламином (2 Г) в среде метанола. Смесь выдерживают при низкой температуре, а затем от раствора отгоняют метанол. Остаток переосаждают из петролейного эфира. Выпавшие игловидные кристаллы — соединение фитола с α -нафтиламином сушат в вакуум-эксикаторе ($t = 60-61^\circ\text{C}$) и взвешивают; 1 Г соединения соответствует 0,4678 Г фитола.

Определение фитола по методу Hromatk'a показано в табл. 6.

Таблица 6

№ фракции	Вес, Г	Количество соединения фитола с α -нафтиламином, Г	Вид соединения	Количество фитола, %	пл. $^\circ\text{C}$
I	1,8163	—	Мазеобразный продукт	—	—
II	1,1087	1,2451	Игловидные кристаллы	52,6	59
III	0,9193	1,5632	"	79,5	62
VI	1,4902	1,050	"	32,9	45—50
V	1,2657	0,362	Кристаллы смешаны с некристаллическим веществом	13,4	—
Остаток в колбе	1,1206	—	Мазеобразный продукт	—	—

Наиболее обогащенные фитолом фракции — II и III, то есть те, которые отгоняются при 135°C в вакууме $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Соединения фитола с α -нафтиламином — игловидные кристаллы белого или розового цвета; IV фракция — менее чистая. В ней количественно определен фитол, β -ситостерин и качественно витамин E [4]; V фракция содержит около 8% стероидов и дает интенсивную качественную реакцию на витамин E. В остатке после вакуумной разгонки содержатся в основном желтые пигменты.

Поскольку каждая фракция, полученная при вакуумной разгонке, не представляет однородного продукта, то дополнительно был проведен хроматографический анализ наиболее характерных фракций (II, III, IV). Сорбент — окись алюминия, прокаленная при 700°C в течение 3 час; растворитель — бензин (фракция 80—110°); элюирование проводили бензином, насыщенным этиловым спиртом. Концентрация исходного раствора по сухому веществу 7—8%. В табл. 7 даны хроматограммы отдельных фракций неомыляемых.

Таблица 7

I. фракция			II. фракция			III. фракция			IV. фракция			Характеристика продукта		
зоны по люминесценции	свечение на сорбите	выход, Г %	зоны по люминесценции	свечение на сорбите	выход, Г %	зоны по люминесценции	свечение на сорбите	выход, Г %	зоны по люминесценции	свечение на сорбите	выход, Г %			
		n_D^{20}			n_D^{20}			n_D^{20}			n_D^{20}			
Исходный 1	продукт Желтый	3,60 0,22	100 6,1	1,521	Исходный 1	продукт Светло-голубой	2,31 0,08	100 3,5	1,496	Исходный 1	продукт Голубой с салатным	1,60 0,46	100 28,8	Густое масло $n_D^{20} = 1,510$
2	Салатный	0,45	12,6	1,514	2	Салатный	0,62	26,9	1,514	2	Голубовато-зеленый	0,48	30,0	Густое масло $n_D^{20} = 1,515$
3	Голубой	0,23	6,5	1,522	3	Голубой с салатным	0,50	21,7	1,515	3	Сиреневый	0,22	13,8	Кристалл $t_{пл} = 164^\circ\text{C}$
4	Ярко-сиреневый	0,61	16,9	1,515	4	Голубовато-зеленый	0,31	13,5	1,516	4	Салатно-бежевый	0,18	11,3	Воскообразный
5	Серый	0,84	23,4	1,521	5	Смесь: коричневый, сиреневый	0,38	16,5	1,513	5	Смесь: желтый, серый	0,08	5,0	Кристалл $t_{пл} = 210^\circ\text{C}$
6	Смесь: желтый, салатный, коричневый	0,54	15,0	1,521	6	Смесь: желтый, голубовато-зеленый	0,12	5,2	1,512	6	Серый	0,02	1,3	Воскообразный
7	Голубовато-зеленый	0,36	10,0	1,516	7	Серый	0,07	3,0	1,506	7	Фиолетовый	0,08	5,0	$n_D^{20} = 1,498$
8	Фиолетовый	0,06	1,7	1,491	8	Фиолетовый	0,06	2,6	1,493	8	—	0,08	4,8	—
Потери	—	0,28	8	—	Потери	—	0,16	7,1	—	Потери	—	—	—	—

При растворении III и IV фракций в холодном бензине выпадает белый кристаллический осадок (табл. 8).

Таблица 8

№ фракции	Количество осадка, %	Температура, °С	Содержание с еринов, %
III	17,3	83	5,1
IV	17,1	136	10,8

На основании проведенных хроматографических анализов отдельных фракций нейтральных продуктов можно утверждать, что при вакуумной разгонке не получено четкого разделения нейтральных веществ, что также подтвердилось спектрографическим анализом [2]. Спектры снимали на приборе ИКС-14. Подробный анализ спектров будет описан в одном из следующих сообщений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. А. Баранова, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. Получение воднорастворимых производных хлорофилла из хвой. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1965
 [2]. Л. Беллами. Инфракрасные спектры сложных молекул. ИЛ, М., 1963. [3]. Изучение химического состава вновь разрабатываемых отечественных препаратов и их производных. Отчет Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева. ЛТА, 1963. [4]. Методическое руководство по определению витаминов А, Д, Е в витаминных препаратах и пищевых продуктах. М., 1960. [5]. А. М. Халецкий, Ли-Чжень-Су. Исследование β -ситостерина. ЖОХ, т. XXVI, 1956, 1209. [6]. E. Knobloch, F. Jancik, V. Japata, E. Kraus, D. Nemcova, Z. Bacik. Chemical listy. № 7, 51, 1957, 1379—1381. [7]. E. Knobloch, F. Jancik. Collection of czechoslovak chemical communications № 1, 23, 1950, 136. 139, 181. O. Hromatka, W. Bröll, L. Stentzel. Monatshefte für Chemie, № 1, 89, 1958, 54—61.

Поступила в редакцию
5 февраля 1965 г.

УДК 662.921 : [62—62+52—662]

**СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО
ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА И ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ В ТОПКАХ
СКОРОСТНОГО ГОРЕНИЯ ЦКТИ СИСТЕМЫ
В. В. ПОМЕРАНЦЕВА**

А. И. ЕГОРОВ

Старший преподаватель

М. А. ТОПОРКОВА

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

Экономическая целесообразность энергохимического использования лесосечных отходов в настоящее время бесспорна.

Как сообщалось ранее [4], [6], в условиях Верховского леспромхоза создана опытно-промышленная энергохимическая установка, использующая лесосечные отходы от автоматической поточной линии нижнего склада [8]. В условиях этого леспромхоза впервые в СССР организовано совместное сжигание древесной щепы и низкокалорийного генераторного газа в топках скоростного горения ЦКТИ системы В. В. Померанцева. Схема организации совместного сжигания и конструктивные характеристики котлоагрегата были приведены нами ранее [4], [5], [6].

В 1964 г. по договору с Северным научно-исследовательским институтом промышленности (СевНИИП) мы провели балансовые испытания котла установки ПСТ-1-200 при различных нагрузках и добавках газа к основному виду топлива. Испытанию котла предшествовали подробный тепловой и аэродинамический расчеты, которые были проведены с использованием нормативных методов [1], [15] и других рекомендаций [3], [9], [11], [12], [13], [14], [18].

Расчетные данные по совместному сжиганию щепы с различной добавкой низкокалорийного газа подробно изложены в нашем отчете [5]; здесь мы приводим лишь некоторые графические зависимости (рис. 1 и 2):

Испытания котла установки ПСТ-1-200 и обработка результатов были проведены по специальной методике [5], составленной с учетом рекомендаций С. Б. Гатеева [2].

Методика, в частности, предусматривала проведение замеров ряда величин обратного баланса котла с целью выяснения характеристики работы отдельных элементов его.

За время испытаний низкокалорийный генераторный газ имел следующий усредненный состав по объему (по данным СевНИИПа): CO_2 —3,6%; O_2 —0,4; CO —23,75; H_2 —9,9; CH_4 —1,7%. Низшая усред-

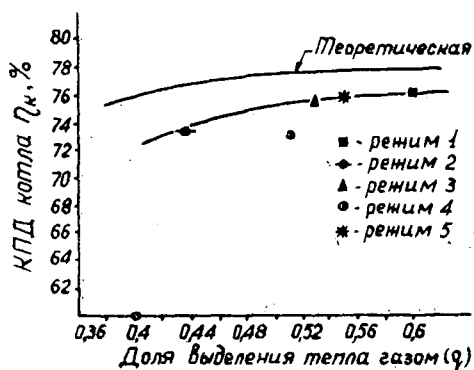


Рис. 1. Зависимость к.п.д. котла от доли тепловыделения газа.

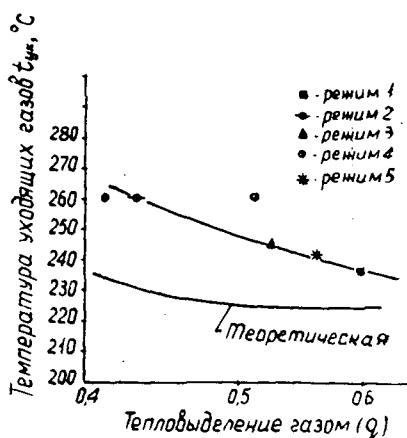


Рис. 2. Зависимость температуры уходящих газов.

енная теплота сгорания газа составляла $1145 \frac{\text{ккал}}{\text{н.м}^3}$ при влагосодержании $239,7 \frac{\text{г}}{\text{н.м}^3}$. За время опытов отбирали пробу древесного топлива на влажность (табл. 1).

Таблица 1

Дата отбора средней пробы	Номера средних проб	Влажность щепы W^P на рабочую массу топлива, %
11 сентября 1964 г.	5	45,0
12 сентября 1964 г.	48	37,7
14 сентября 1964 г.	44	42,0
15 сентября 1964 г.	40	51,0
17 сентября* 1964 г.	1	42,8
17 сентября** 1964 г.	9,17	41,0

* Дневная проба; ** вечерняя — ночная проба.

Влажность щепы определяли обычным весовым методом.

Поверочным тепловым расчетом котла на смешанном топливе было установлено, что с повышением доли газа в общем тепловыделении возрастает температура перегрева пара. Это же было обнаружено и при предварительных испытаниях котла [6]. При проведении испытаний было решено не увеличивать долю тепловыделения газом более чем до 60%.

В процессе испытаний котел работал на шести режимах. В табл. 2 приведены основные данные по параметрам пара, газа и воды, по расходу газа и щепы при различных режимах работы котла. В этой же таблице приведены основные данные по обратному балансу котла и другие величины, характеризующие работу котла при совместном сжигании генераторного газа и древесной щепы.

Из рис. 1 видно, что кривые зависимости $\eta_{ка}(q)$, найденные расчетом и опытом, имеют одинаковый характер и при $q \approx 0,5 \div 0,6$ несовпадение в к.п.д. составляет около 2%.

На рис. 3 указана зависимость к.п.д. котла от нагрузки. Здесь же дано сравнение с данными заводских испытаний [17] установок ПСТ-1-200. Как следует из рис. 3, к. п. д. котла при совместном сжигании

Таблица 2

Показатели	Обозначения	Размерность	Режимы					
			0	1	2	3	4	5
Доля тепловыделения генераторным газом	q	—	0	0,6	0,44	0,53	0,51	0,55
Доля тепловыделения щелей	$1-q$	—	1	0,4	0,55	0,47	0,49	0,45
Расход щепы	$B_{щ}$	$\frac{кг}{час}$	660	280	365	445	320	300
Влажность щепы	$W_{щ}$	%	37,7	42,0	45,0	51,0	42,8	41,0
Тепло, полученное от сжигания щепы	$Q_{щ}$	$\frac{ккал}{час}$	1670·10 ³	655·10 ³	810·10 ³	840·10 ³	750·10 ³	720·10 ³
Расход газа	V_r	$\frac{м^3}{час}$	—	664	585	628	815	755
Тепло, полученное от сжигания газа	Q_r	$\frac{ккал}{час}$	—	930·10 ³	863·10 ³	926·10 ³	1200·10 ³	1150·10 ³
Производительность котла по пару	D	$\frac{кг}{час}$	1760	1860	1830	1970	2100	2080
Давление перегретого пара	$P_{пп}$	$атм$	20,2	19,7	18,53	18,64	22,4	22,2
Температура перегретого пара	$t_{пп}$	°С	272	302,6	303,6	306,7	322,2	299,3
Температура питательной воды	$t_{пв}$	°	49,8	52,7	55,2	51,64	56,0	58,2
К.п.д. котла по прямому балансу	$\eta_{ка}$	%	70,0	76,2	73,4	75,4	73,0	75,8
Нагрузка на установку ПСТ-1-200	N_9	$квт$	163	173	170	183	188,6	188,4
Давление газа в газопроводе	$P'_{газ}$	$\frac{мм вод. ст.}{мм вод. ст.}$	—	264,7	348,6	213,8	163,5	143
Температура газа в газопроводе	$t_{газ}$	°С	—	70,0	69,2	63,5	68,4	66
Содержание RO_2 в уходящих газах	RO_2	%	13,0	16,5	15,8	18,0	17,8	18,6
Содержание кислорода в уходящих газах	O_2	°	1,0	3,8	4,4	2,5	2,0	1,6
Содержание окиси углерода в уходящих газах	CO	°	2,2	1,52	1,63	1,26	2,03	1,75

Продолжение табл. 2.

Показатели	Обозначения	Размерность	Режимы					
			0	1	2	3	4	5
Коэффициент избытка воздуха	$\alpha_{ух}$	—	1,4	1,17	1,22	1,10	1,05	1,03
Потеря с уходящими газами	q_2	%	12,2	12,3	13,8	12,7	13,4	12,0
Потеря от химической неполноты сгорания	q_3	"	10,2	5,4	7,4	5,74	8,1	6,6
Потеря от механической неполноты сгорания	q_4	"	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Потеря в окружающую среду	q_5	"	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Баланс потерь и к.п.д.	—	"	100,2	99,7	100,4	99,84	100,3	100,2
Температура в топке	t_T	°C	775	805	832	760	892	850
Температура газов на выходе из топки	$t_{зг}$	"	630*	683	710	627	700	633
Температура газов перед воздухоподогревателем	$t'_{вп}$	"	294	309	332	315	345	322
Температура газов за воздухоподогревателем	$t''_{вп}$	"	230	237	262	246	260	242
Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель	$t'_в$	"	21,5	20,1	20,3	26,0	28,6	28,1
Температура воздуха за воздухоподогревателем	$t''_в$	"	188	173	183	180	199	182
Разрежение на выходе из топки	Δh_T	мм вод. ст.	9,0	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Сопротивление конвективного пучка топки	$\Delta h_{кп}$	"	13,38	20,63	20,2	20,04	20,04	20,5
Сопротивление воздухоподогревателя по газу	$\Delta h_{вп}$	"	30,0	30,32	30,0	30,04	30,0	30,0

Примечание. Места замера температуры и отбора проб дымовых газов были приведены ранее [4].

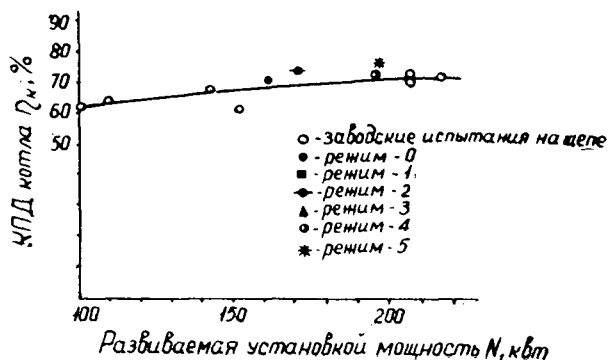


Рис. 3.

древесной щепы и генераторного газа получился несколько выше, чем к.п.д., полученный при заводских испытаниях только на древесном топливе.

Расчетом и опытом доказано, что с увеличением количества генераторного газа, добавляемого в топку, температура уходящих газов снижается (рис. 2).

Одновременно в условиях теплотехнической лаборатории были определены некоторые характеристики горелочного устройства (рис. 4), представляющего собой раздающий газовый коллектор с десятью одинаковыми по диаметру и длине отрезками. В частности, на стенде (рис. 5) исследовали равномерность раздачи газа по длине коллектора и характер полей скорости газа за отрезками.

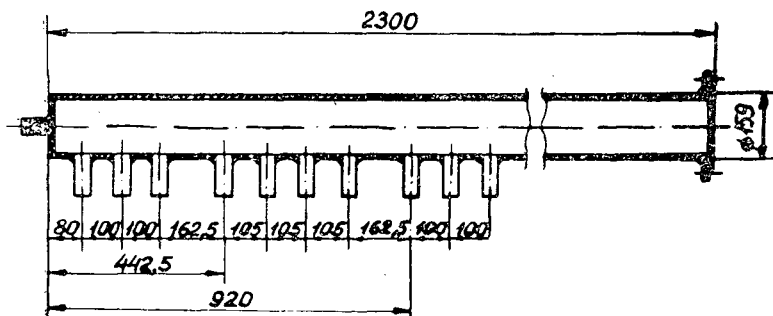


Рис. 4. Горелочное устройство.

Согласно общепринятой методике [10], сечения отрезков разбивали на ряд равновеликих колец, а динамические напоры измеряли на следующих радиусах:

$$r_1 = R \cdot \sqrt{\frac{1}{2n}};$$

$$r_3 = R \cdot \sqrt{\frac{3}{2n}};$$

$$r_{2n-1} = R \cdot \sqrt{\frac{2n-1}{2n}},$$

где R — внутренний радиус отрезков;
 $2n$ — число частей, на которое делится сечение канала.

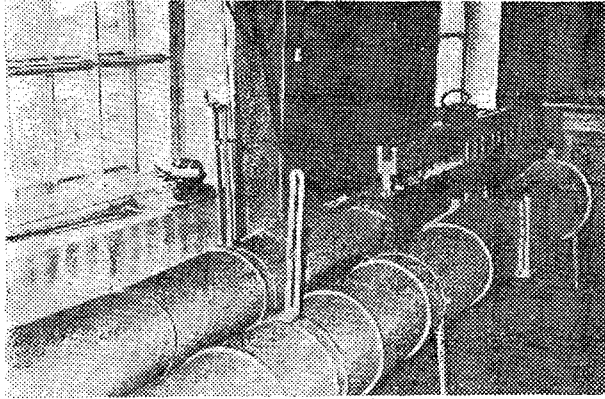


Рис. 5. Испытательный стенд горелочного устройства.

По замеренным в точках напорам строили поля напоров и определяли усредненное значение напора, а затем и скорости истечения газа, по уравнению

$$V_{\text{ср}} = \sqrt{2g \cdot \frac{1}{\gamma_1} h_{\text{ср}} (\gamma_h - \gamma')} \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

где γ_1 — удельный вес газа (в нашем случае воздуха), $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

γ' — удельный вес воздуха над уровнем жидкости в микроманометре ($\gamma_1 = \gamma'$), $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Микроманометры были залиты этиловым спиртом, следовательно, $\gamma_h = 1$ (согласно градуировки микроманометра). На рис. 6 приведено поле динамических напоров в первом отрезке газораздающего коллек-

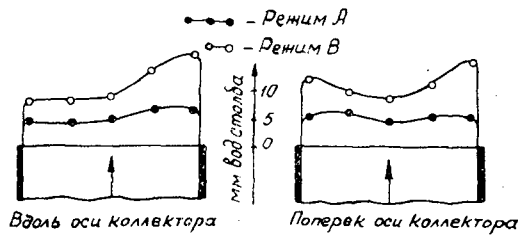


Рис. 6.

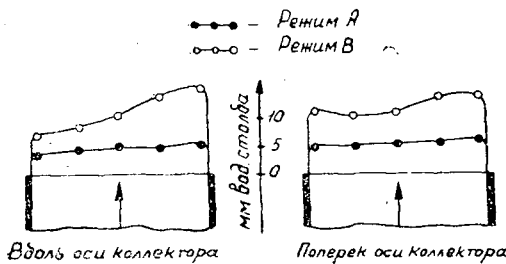


Рис. 7.

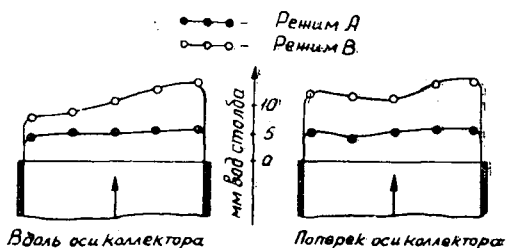


Рис. 8.

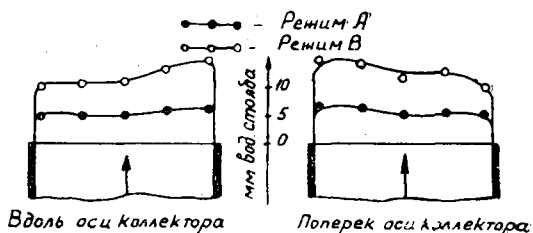


Рис. 9.

тора (считая по ходу газа) для двух режимов; на рис. 7 — в пятом отростке; на рис. 8 — в шестом; на рис. 9 — в десятом отростке. Во всех случаях $d_{\text{вн}} = 32$ мм. Поля скоростей сняты в продольном и поперечном направлениях относительно оси коллектора.

Из анализа приведенных полей динамических напоров следует, что упрощенное горелочное устройство обеспечивает практически равномерную раздачу газа по ширине топки. Несколько более загруженными оказались последние по ходу газа отростки. Характер полей скоростей за отротками вполне удовлетворительный, если принять во внимание, что при внезапном расширении поля скоростей не бывают равномерными [7], [16], то есть в этом случае имеет место удар струи вытекающего из отверстия газа в малоподвижный газ пространства. Одновременно со снятием полей скоростей за отротками измеряли скорость и в аэродинамической трубе. В табл. 3 приведены средние результаты обработки опытных данных, полученных измерением динамического напора в отротках горелки и в аэродинамической трубе. Из таблицы следует, что несовпадение баланса при всех вариантах составляет менее 10% (очень хорошее совпадение в варианте А — случайно).

Таблица 3

Вариант	Средняя скорость газа (м/сек)	Расход воздуха (м ³ /сек)	Несовпадение расхода воздуха по балансу (%)	Средняя скорость газа (м/сек)	Расход воздуха (м ³ /сек)	Несовпадение расхода воздуха по балансу (%)
	в сумме по всем отролкам			в аэродинамической трубе		
А	9,32	0,750	—	1,63	0,74	1,5
Б	14,10	1,138	—	2,63	1,20	5,5
В	14,11	1,140	—	2,71	2,23	7,9

Выводы

1. Успешное совместное сжигание низкокалорийного генераторного газа и древесных отходов в топках системы В. В. Померанцева под котлами установок ПСТ-1-200 без существенных изменений топочного устройства возможно, если доля газа (по тепловыделению) не превышает 40—50%.

2. К.п.д. котла при совместном сжигании низкокалорийного генераторного газа и щепы незначительно возрастает с увеличением доли добавки газа, в основном, за счет уменьшения коэффициента избытка воздуха.

3. Высокие значения скорости и влажности генераторного газа при входе в топку, слабое предварительное смесеобразование обусловили преимущественно диффузионное горение газа, повышенное значение СО в продуктах сгорания и значительную величину потерь от химической неполноты горения.

4. Для перевода котла полностью на сжигание низкокалорийного генераторного газа необходима существенная переделка топочного устройства, горелок и пароперегревателя.

5. Совместное сжигание генераторного газа и древесных отходов в топках котлов может быть рекомендовано в леспромпхозах, не имеющих связи с централизованными линиями электропередач и не имеющих достаточного резерва мощности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аэродинамический расчет котельных агрегатов (нормативный метод) ЦКТИ. Госэнергоиздат, 1964. [2]. С. Б. Гатеев. Теплотехнические испытания котельных установок. Госэнергоиздат, 1954. [3]. Л. И. Друскин. Сжигание газа в промышленных печах и котлах. Гостехэкономиздат, 1962. [4]. А. И. Егоров, И. Ф. Коперин. К вопросу о совместном сжигании в топках котлов древесных отходов и генераторного низкокалорийного газа. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1963. [5]. А. И. Егоров, М. А. Топоркова, А. Э. Пиир. Определение оптимальных условий совместного сжигания генераторного газа и щепы в топках установок ПСТ-1-200. Научный отчет, Архангельск, 1964. [6]. А. И. Егоров, А. Э. Пиир, Е. А. Трофимов. Опыт использования генераторного низкокалорийного газа в Верховском леспромпхозе. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1965. [7]. И. Е. Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Госэнергоиздат, 1960. [8]. Р. М. Каминская, Н. В. Сухановский, Е. Н. Паршевникова. Энергохимическое использование лесосечных отходов в Архангельском экономическом районе. «Бюллетень технико-экономической информации» № 2, Архангельский совнархоз, 1962. [9]. Г. Ф. Кнорре. Топочные процессы. Госэнергоиздат, 1959. [10]. В. П. Преображенский. Теплотехнические измерения и приборы. Госэнергоиздат, 1946. [11]. О. М. Рабинович. Котельные агрегаты. Машгиз, 1963. [12]. П. Н. Романенко, А. В. Морозов. Компановка и расчет котлоагрегатов промышленных котельных. Гослесбумиздат, 1963. [13]. М. А. Стырикович, К. Я. Катковская, Е. П. Серов. Котельные агрегаты. Госэнергоиздат, 1959. [14]. С. В. Татищев. Журн. «Теплоэнергетика» № 10, 1962. [15]. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) ЦКТИ и ВТИ. Госэнергоиздат, 1957. [16]. Н. З. Френкель. Гидравлика. Госэнергоиздат, 1956. [17]. ЦНИИТМАШ. Паровые электростанции ПСТ-1-200 малой мощности. М., 1957. [18]. М. М. Щеголев. Топливо, топки и котельные установки. М., 1953.

Поступила в редакцию
21 июня 1965 г.

УДК 65.011.56 : 674.093

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА РАСКРОЯ
ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ*И. В. СОБОЛЕВ*

Кандидат технических наук

Н. А. ГОНЧАРЕНКО

Старший научный сотрудник

(Карельский НИИ лесной промышленности и лесного хозяйства)

Совместить автоматизацию производства с автоматизацией управленческого труда — таково требование современного уровня развития народного хозяйства.

В лесопилении, где результаты деятельности предприятий в значительной мере определяются рациональным использованием сырьевых ресурсов, одна из первоочередных задач автоматизации управления производством — использование электронно-вычислительных машин (ЭВМ) для оптимального и оперативного планирования раскроя пиловочного сырья.

Необходимый этап при переводе прикладных задач на язык ЭВМ — формально-математическое описание (алгоритмизация) этих задач. Ниже приведено описание разработанного авторами алгоритма для одного из наиболее часто встречающихся в практике лесопиления случаев составления плана раскроя пиловочного сырья, когда требуется рассчитать и подобрать поставки, обеспечивающие выполнение заданной спецификации на обрезные пиломатериалы из запланированного к распиловке сырья [4].

Принимая во внимание, что брусочный способ распиловки бревен повышает показатели использования сырья и маневренность выполнения заданной спецификации на обрезные пиломатериалы, при разработке алгоритма мы учитывали необходимость 100%-ной брусочки запланированного к распиловке сырья. Показатели сортности сырья и пиломатериалов не были учтены.

На рис. 1 представлена укрупненная структурная схема алгоритма составления плана раскроя пиловочного сырья на обрезные пиломатериалы при 100%-ной брусочке бревен.

Из рис. 1 видно, что первый этап решения задачи — проверка возможности выполнения заданной спецификации пиломатериалов из планируемого к распиловке сырья. При этой проверке сначала определяют обеспеченность сырьем указанного в спецификации общего объема пиломатериалов. Далее составляют принципиальную схему выпилки так называемых «основных» досок, к числу которых относятся широкие и толстые (толще 25 мм), подлежащие выпилке из брусочной зоны бре-

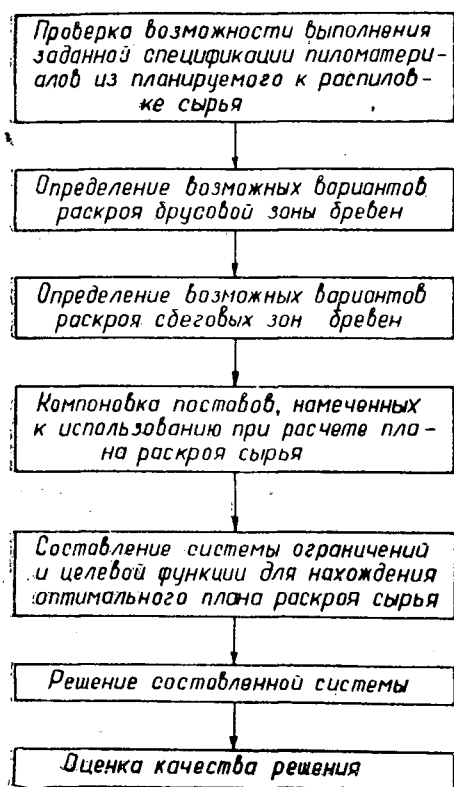


Рис. 1.

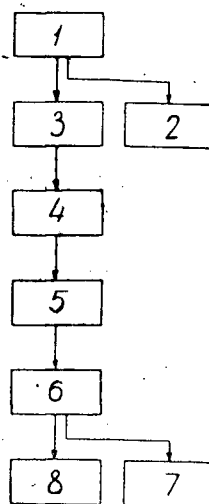


Рис. 2.

вен. Составление схемы начинается с самых широких досок и толстых бревен при последовательном переходе к более узким доскам и тонким бревнам. В конечном итоге при составлении схемы более полно выявляется возможность выполнения заданной спецификации пиломатериалов из планируемого к распиловке сырья и осуществляется распределение бревен тех или иных диаметров на выпилку заказанных размеров ширины «основных» досок.

При разработке первой части алгоритма была принята методика проверочных расчетов, предложенная Г. Д. Власовым и дополненная В. И. Черновой [2]. Блок-схема программы реализации на ЭВМ возможности выполнения заданной спецификации пиломатериалов из планируемого к распиловке сырья показана на рис. 2, где 1 — проверка обеспеченности сырьем указанного в спецификации общего объема пиломатериалов; 2 — останов (в случае необеспеченности сырьем указанного в спецификации общего объема пиломатериалов); 3 — определение размеров ширины «основных» досок с учетом припусков на усушку; 4 — определение крайних значений диаметров бревен, из которых могут быть выпилены «основные» доски данной ширины; 5 — определение объема пиломатериалов, который можно получить из брусковой зоны бревен данных диаметров; 6 — проверка возможности выпилки заказанных объемов «основных» досок из брусковой зоны запланированных к распиловке бревен; 7 — останов (в случае невозможности выпилки заказанных объемов «основных» досок из брусковой зоны запланированных к распиловке бревен); 8 — переход ко второму этапу решения задачи.

Учитывая неудобство, с которым сопряжено пользование таблицами при составлении программ для ЭВМ, припуски на усушку находят не по таблице ГОСТа 6782—58, а при помощи уравнения

$$Y = 0,024P + 0,003, \quad (1)$$

где Y — припуск на усушку, м *;
 P — данный размер сечения досок, м.

Второй этап решения задачи (рис. 1) — определение возможных вариантов раскроя брусковой зоны бревен. При вписывании толщин досок в пласт бруса зона вписывания ограничивается двумя пределами. Первый — расчетная ширина пласти бруса в вершине бревна, второй предел определяется по уравнению

$$B = B_p - 2(P_{min} + Y + \delta), \quad (2)$$

где B_p — расчетная ширина пласти бруса в вершине бревна, м;
 P_{min} — минимальная из заданных в спецификации толщин досок, которые могут быть вписаны в пласт данного бруса, м;
 δ — ширина пропила, м.

Принимаемые значения толщины центральных и сердцевинных досок проверяют с помощью неравенств

$$P_n > 0,08d + 0,007; \quad (3)$$

$$P_c > 0,0975d^{1,22} + 0,019, \quad (4)$$

где P_n — толщина центральных досок, м;
 P_c — толщина сердцевинных досок, м;
 d — диаметр бревен в вершине, м.

Блок-схема программы определения на ЭВМ возможных вариантов раскроя брусковой зоны бревен показана на рис. 3, где 1 — определение первого предела вписывания толщин досок в пласт данного бруса; 2 — определение второго предела вписывания толщин досок в пласт бруса; 3 — установление заданных в спецификации толщин досок, которые могут быть центральными или сердцевинными в бруске, выпиленном из бревен данного диаметра; 4 — составление неравенств для перебора толщин досок (с учетом припусков на усушку и пропилов), которые могут быть вписаны в половину пласти данного бруса; 5 — определение пределов вписывания боковых досок в половину пласти бруса (с учетом уже вписанных центральных или сердцевинных досок); 6 — формирование двоичной комбинации (для перебора возможных сочетаний боковых досок); 7 — подсчет суммы толщин досок, соответствующих данной двоичной комбинации; 8 — сравнение суммы толщин досок с пределами (при несравнении переход к блоку 10, при сравнении — к блоку 9); 9 — фиксирование двоичной комбинации, для которой сумма толщин досок удовлетворяет пределам; 10 — сравнение двоичной комбинации с запретными и исключение ее, если она соответствует запретным; 11 — сравнение двоичной комбинации с максимально возможной (при несравнении переход к блоку 6, при сравнении — к блоку 12); 12 — расшифровка двоичной комбинации; 13 — симметричное отображение полученного варианта вписывания досок на вторую половину пласти данного бруса,

* Перед началом расчетов все конкретные числовые данные с помощью переводных коэффициентов приводят к единой размерности.

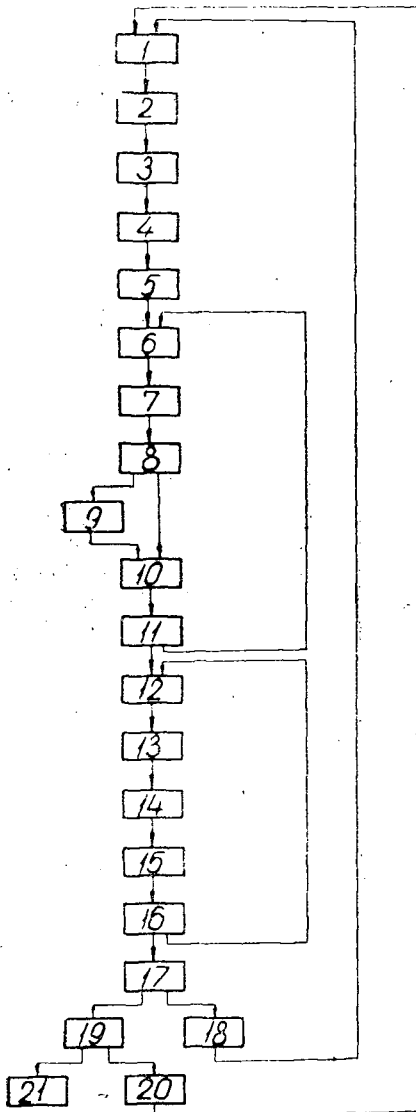


Рис. 3.

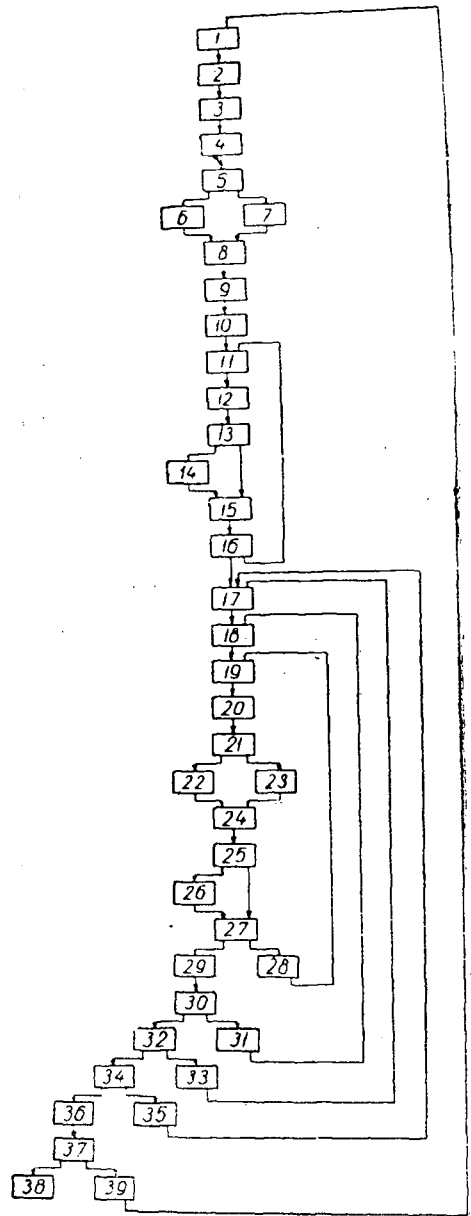


Рис. 4.

14 — перевод значений толщины досок из двоичной системы счисления в десятичную; 15 — печать варианта раскроя брусовой зоны бревен данного диаметра при данной толщине бруса; 16 — сравнение на окончание расшифровки фиксированных двоичных комбинаций (при несравнении переход к блоку 12, при сравнении — к блоку 17); 17 — сравнение данного диаметра с нижним крайним диаметром бревен, из которых могут быть выпилены брусья данной толщины (при несравнении переход к блоку 18, при сравнении — к блоку 19); 18 — переход к следующему диаметру бревен; 19 — сравнение на окончание перебора заданных тол-

шин брусьев (при несравнении переход к блоку 20, при сравнении — к блоку 21); 20 — переход к следующей толщине брусьев; 21 — останов.

Третий этап решения задачи (рис. 1) — определение возможных вариантов раскроя сбеговых зон бревен.

При вписывании толщин досок в сбеговые зоны охват диаметра бревна поставом ограничивается двумя пределами. Первый — максимальный охват диаметра бревна поставом, определяемый по формуле, предложенной В. И. Черновой [2]

$$\varepsilon = \sqrt{[d + (L - l) \cdot S]^2 - b^2}, \quad (5)$$

где L — длина бревна, м;

l — минимальная длина досок, м;

S — сбеги бревен;

b — минимальная ширина досок с учетом припуска на усушку, м.

Второй предел определяется по уравнению

$$\varepsilon' = \varepsilon - 2(P'_{\min} + Y + \delta), \quad (6)$$

где P' — толщина самой тонкой доски, указанная в спецификации пиломатериалов, м.

Минимальные значения длины и ширины досок устанавливаются в соответствии с заданной спецификацией пиломатериалов. При определении размеров и объемов досок, вписываемых в сбеговые (и брусовую) зоны бревен, соблюдают условие получения этих досок чистообрезными, то есть без обзолов. При этом во внимание принимают только учитываемые размеры сырья, в качестве которых берут диаметры в вершине, измеренные в четных сантиметрах, и среднюю длину бревен для всей партии, планируемой к распиловке. Рассеивание размеров ширины и длины досок не учитывают. Для каждого возможного варианта вписывания досок в сбеговые зоны бревен данного диаметра на печать выдают только те размеры и объемы, которые соответствуют оптимальному (с точки зрения объемного выхода) укорочению этих досок. Другие факторы и ограничения, учитываемые при расчете поставов, предполагают само собой подразумевающимися, поэтому на них в статье мы специально не останавливаемся.

Блок-схема программы определения на ЭВМ возможных вариантов раскроя сбеговых зон бревен показана на рис. 4, где 1 — ввод числовых данных одного из вариантов раскроя брусовой зоны бревен (без учета припусков на усушку досок и пропилов); 2 — печать диаметра бревен и толщины бруса, которым соответствует выбранный вариант раскроя брусовой зоны; 3 — перевод данных из десятичной системы счисления в двоичную; 4 — нахождение припусков на усушку для досок, вписанных в брусовую зону; 5 — проверка на четность количества досок, вписанных в брусовую зону; 6 — учет пропилов при наличии в поставе центральных досок; 7 — учет пропилов при наличии в поставе сердцевинной доски; 8 — определение ширин сбеговых зон бревен данного диаметра при данной толщине бруса и выбранном варианте раскроя брусовой зоны; 9 — расстановка в рабочих ячейках толщин досок (с учетом припусков на усушку и пропилов), подлежащих вписыванию в сбеговые зоны; 10 — определение пределов вписывания досок в сбеговые зоны; 11 — формирование двоичной комбинации (для перебора различных сочетаний досок, вписываемых в сбеговые зоны); 12 — вычисление суммы толщин досок, соответствующих данной комбинации; 13 — сравнение суммы толщин досок с пределами (при несравнении переход к блоку 15,

при сравнении — к блоку 14); 14 — фиксирование двоичной комбинации, для которой сумма толщин досок удовлетворяет пределам; 15 — сравнение двоичной комбинации с запретными и исключение ее, если она соответствует запретным; 16 — сравнение двоичной комбинации с максимально возможной (при несравнении переход к блоку 11, при сравнении — к блоку 17); 17 — расшифровка фиксированной комбинации и запись толщин досок данного варианта в рабочие ячейки; 18 — выбор i -той доски данного варианта для первой сбеговой зоны*; 19 — выбор одной из возможных ширинок доски; 20 — вычисление длины доски при данной ширине; 21 — сравнение длины доски со средней длиной бревен (если длина доски больше или равна средней длине бревен, то переход к блоку 23; если длина доски меньше — к блоку 22); 22 — приведение вычисленной длины доски к ближайшей меньшей стандартной длине (для досок, длина которых меньше средней длины бревен); 23 — фиксация длины доски (для досок, длина которых равна средней длине бревен); 24 — вычисление объема доски; 25 — сравнение данного объема доски с фиксированным максимальным, полученным в результате предыдущего перебора (если данный объем больше предыдущего максимального, то переход к блоку 26, если меньше или равен ему — к блоку 27); 26 — фиксирование полученного объема; 27 — сравнение ширины доски с максимально возможной для данной толщины (если ширина доски равна максимально возможной, то переход к блоку 29, если меньше максимально возможной — к блоку 28); 28 — переход к следующей ширине доски; 29 — перевод полученных результатов из двоичной системы в десятичную и печать размеров и объема i -той доски; 30 — сравнение на окончание вычислений объемов всех досок данного варианта раскроя первой сбеговой зоны (при несравнении переход к блоку 31, при сравнении — к блоку 32); 31 — переход к следующей сбеговой доске; 32 — сравнение на окончание расшифровки фиксированных двоичных комбинаций (при несравнении переход к блоку 33, при сравнении — к блоку 34); 33 — переход к следующей фиксированной комбинации; 34 — проверка необходимости расшифровки двоичных комбинаций для второй сбеговой зоны** (если расшифровка для второй сбеговой зоны не выполнена, то переход к блоку 35, если выполнена — к блоку 36); 35 — изменение информации для второй сбеговой зоны и переход к блоку 17; 36 — восстановление переменной информации; 37 — сравнение на окончание вычислений всех возможных вариантов раскроя сбеговых зон бревен, запланированных к распиловке (при несравнении переход к блоку 39, при сравнении — к блоку 38); 38 — останов; 39 — переход к следующему варианту раскроя сбеговых зон, соответствующих другому варианту раскроя брусовой зоны бревен данного или следующего диаметра.

Четвертый этап решения задачи (рис. 1) — компоновка поставок, намеченных к использованию при составлении плана раскроя пиловочного сырья. При этом могут быть использованы все возможные сочетания вариантов раскроя брусовой и сбеговых зон бревен или часть этих сочетаний, отбираемых по определенному признаку (например, по признаку максимального объемного выхода). Количество отбираемых сочетаний определяется, в основном, возможностями ЭВМ, используемой для нахождения оптимального плана раскроя, или производственными:

* Под первой сбеговой зоной подразумевают часть бревна, остающуюся после выпилки из него бруса.

** Под второй сбеговой зоной подразумевают часть бруса, остающуюся после выпилки из него досок, вписанных в плась.

ограничениями на максимальное количество поставок для бревен данных диаметров. Очевидно, при использовании в случае составления плана раскроя всех возможных сочетаний вариантов раскроя брусовой и сбеговых зон бревен критерий оптимальности будет характеризоваться более высокими показателями.

Пятый этап решения задачи (рис. 1) — составление системы неравенств — ограничений и линейной формы, являющейся целевой функцией нахождения оптимального плана раскроя пиловочного сырья. Ниже показан общий вид неравенств — ограничений и линейной формы

$$\sum_{d_i} \left(\sum_{k=1}^n q_{kd_i}^{H_j h_e} x_{kd_i}^{H_j} \right) \geq Q_{H_j \cdot h_e}; \quad (7)$$

$$\sum_{H_j} \left[\sum_{d_i} \left(\sum_{k=1}^n q_{kd_i}^{h_e} x_{kd_i}^{H_j} \right) \right] \geq Q_{h_e}; \quad (8)$$

$$\sum_{H_j} \sum_{k=1}^n x_{kd_i}^{H_j} \leq n_{d_i}; \quad (9)$$

$$F = \sum_{H_j} \sum_{d_i} \sum_{k=1}^n v_{d_i} x_{kd_i}^{H_j}; \quad (10)$$

- где $x_{kd_i}^{H_j}$ — количество бревен i -того диаметра, раскраиваемых k -м способом при толщине бруса H_j , шт.,
 $q_{kd_i}^{H_j h_e}$ — объем досок сечением $H_j \cdot h_e$, получаемых из одного бревна i -того диаметра, раскраиваемого k -м способом, m^3 ;
 $q_{kd_i}^{h_e}$ — объем досок толщиной h_e разной ширины, получаемых из одного бревна i -того диаметра, раскраиваемого k -м способом, m^3 ;
 $Q_{H_j h_e}$ — объем досок сечением $H_j h_e$, заданный в спецификации пиломатериалов, m^3 ;
 Q_{h_e} — объем досок толщиной h_e разной ширины, заданный в спецификации пиломатериалов, m^3 ;
 n_{d_i} — количество бревен i -того диаметра, заданное в спецификации сырья, шт.;
 v_{d_i} — объем одного бревна i -того диаметра, m^3 .

Шестой этап решения задачи (рис. 1) — нахождение оптимального плана раскроя, удовлетворяющего неравенствам — ограничениям и обрабатывающего заданную линейную форму в минимум. Мы выбрали симплексный метод [1] решения этого этапа задачи. В качестве критерия оптимальности принят минимум расхода сырья.

Седьмой и последний этап расчетов (рис. 1) — оценка качества решения. Для этой оценки принимают показатели объемного и спецификационного выходов пиломатериалов.

Программы реализации алгоритма составлены применительно к ЭВМ «Минск-1» [3]*.

* Составление и отладка программ выполнены Н. А. Гончаренко, А. В. Брайниной и С. П. Прошутинским.

Чтобы убедиться в эффективности разработанного алгоритма, технологам пяти лесопильно-деревообрабатывающих предприятий Карелии было предложено рассчитать поставки и составить с помощью традиционных методов план раскроя пиловочного сырья для одного примера, затем этот же пример был решен на ЭВМ «Минск-1». В примере были заданы спецификация сырья, включающая 11 размерных групп бревен общим объемом 2000 м³, и спецификация пиломатериалов, включающая 10 различных сечений обрезных досок общим объемом 1175 м³. Учитываемые факторы при ручных и машинном расчетах были одинаковыми и обеспечивали сопоставимость результатов.

Сравнение конечных результатов ручных и машинного расчетов показало, что при планах раскроя, составленных технологами, объемный выход пиломатериалов равен в среднем 60,19%, сумма «недопилов» — в среднем 12,419 м³, сумма «перепилов» — 28,341 м³; при плане раскроя, составленном на ЭВМ с помощью рассмотренного выше алгоритма, объемный выход пиломатериалов равен 60,75%; сумма «перепилов» — 5,933 м³; «недопилы» отсутствовали.

Сравнение планов раскроя для указанного выше примера, составленных технологами и с помощью разработанного алгоритма, позволило дать предварительный расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения в практику лесопиления оптимального планирования раскроя пиловочного сырья с помощью математических методов и ЭВМ. Этот расчет показал, что только за счет увеличения объемного выхода экономия составит не менее 15 коп. на 1 м³ вырабатываемых пиломатериалов. Размер экономии возрастет, если учесть дополнительные (кроме увеличения объемного выхода пиломатериалов) преимущества оптимального планирования раскроя пиловочного сырья. К числу таких преимуществ прежде всего относится улучшение ассортиментного выпуска пиломатериалов и сокращение в связи с этим потерь в народном хозяйстве.

В заключение считаем необходимым отметить, что описанный нами алгоритм в известной мере идеализирован, то есть не учитывает ряда факторов и отклонений от расчетов, встречающихся в практике лесопиления. Указанные обстоятельства вполне естественно для первой стадии алгоритмизации прикладных задач, особенно таких сложных, как планирование раскроя пиловочного сырья, в которых невозможно сразу учесть и сформулировать все условия. Работы по совершенствованию этого алгоритма и по разработке алгоритмов составления планов раскроя пиловочного сырья для других случаев, встречающихся в практике лесопиления, продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. Барсов. Линейное программирование в технико-экономических задачах. Изд-во «Наука», М., 1964. [2]. Г. Д. Власов, В. И. Чернова. Методы составления и внедрения плана раскроя пиловочного сырья на экспортных лесопильных предприятиях. Л., НИС ЛТА, 1963. [3]. Т. С. Латышева. Программирование и решение задач на двухадресных машинах. Физматгиз, М., 1963. [4]. А. Н. Песоцкий. Лесопильное производство. Гослесбумиздат, М., 1963.

Поступила в редакцию
16 января 1965 г.

УДК 65.011.56 : 674.05 : 621.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И УСТАНОВКИ ПИЛ В ОБРЕЗНЫХ СТАНКАХ

В. М. КУЗНЕЦОВ

Аспирант

(ВНИИДМАШ)

В соответствии с проводимой работой по изучению систем и механизмов для перемещения и установки пил в обрезающих станках мы разработали и исследовали экспериментальный образец электрогидравлического следящего привода с задающим устройством в виде контактно-приспособления с накопителем угла отработки.

Как известно, в схемах следящего привода релейного действия широкое распространение получило типовое контактное устройство [1], которое состоит из двух контактных полуколец, разделенных двумя изоляционными промежутками, и ролика. Такое устройство позволяет исполнителю механизму производить отработку заданного угла в пределах $\pm 180^\circ$. Практически этот угол меньше 180° , так как для предотвращения возникновения автоколебаний около заданного положения изоляционные промежутки должны обладать определенной шириной. Недостаток такого устройства — большая зона нечувствительности и ограниченный угол обработки, определяемый дугой контактного полукольца. Этих недостатков лишены многооборотные контактные устройства с накопителем угла отработки, в которых необходимое перемещение можно задавать в пределах многих оборотов входного валика. В силу этого такие контактные устройства обладают хорошей разрешающей способностью и позволяют задавать перемещение с более высокой точностью.

Контактное устройство с накопителем угла отработки представлено на рис. 1. Оно состоит из двух дисков 1 и 2 равных диаметров, контактного рычага 3 и двух пар зубчатых колес 4, 5 и 6, 7. Диски 1 и 2 имеют по одному пазу, которые в нулевом положении устанавливаются друг против друга так, что контактный рычаг 3 занимает свое нейтральное положение и оба контакта 8 и 9 разомкнуты. Диск 1 насажен вместе с шестерней 4 на входной валик. Диск 2 жестко связан с шестерней 7. Шестерни 5 и 6 сидят на общей оси и находятся в зацеплении с шестернями 4 и 7. Число зубьев этих шестерен выбирается таким образом, чтобы $z_4 + z_5 = z_6 + z_7$. При этих условиях одному полному обороту диска 1 соответствует только $\frac{z_4 \cdot z_6}{z_5 \cdot z_7}$ оборота диска 2. Следовательно, вырезы в дисках вновь совпадут только после того, как входной валик сделает n оборотов, где

$$n = \frac{z_5 \cdot z_7}{z_4 \cdot z_6}.$$

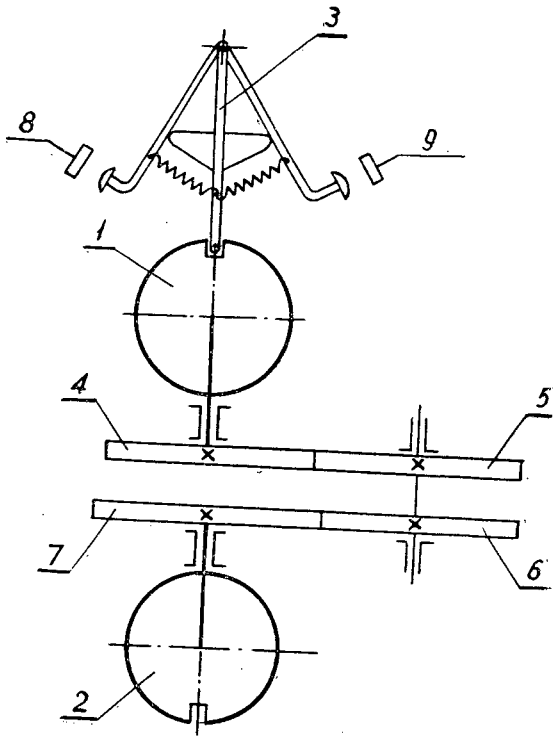


Рис. 1.

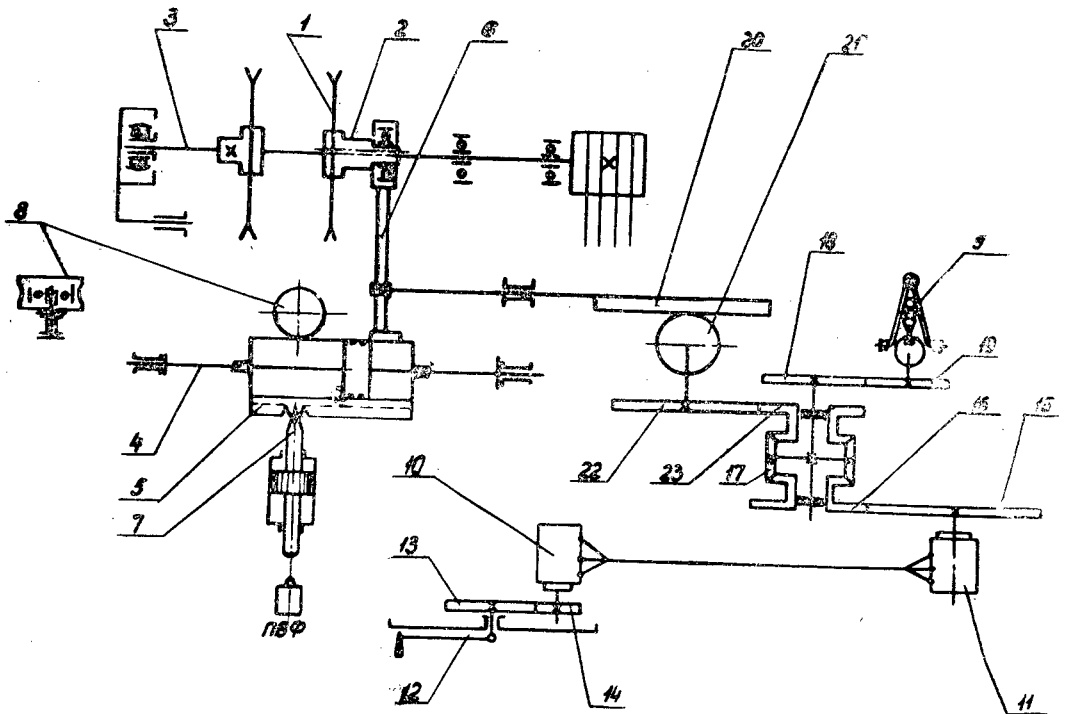


Рис. 2.

Выбранное контактное приспособление имеет $z_4 = z_5 = 49$; $z_6 = 48$ и $z_7 = 50$, что позволяет задавать перемещение (рассогласование) в пределах 24 оборотов входного валика.

Кинематическая схема следящего привода для перемещения и установки пилы показана на рис. 2.

Подвижная пила 1 смонтирована на втулке 2 и перемещается вдоль пильного вала 3 с помощью гидроцилиндра, шток 4 которого расположен параллельно пильному валу, а перемещающаяся по нему гильза 5 связана с пильной втулкой составным рычагом 6. На гильзе 5 гидроцилиндра перемещения пилы имеются профильные впадины с определенным шагом, соответствующим шагу выпиливаемых пиломатериалов (10 мм или $1/2''$). Перпендикулярно к оси гидроцилиндра перемещения пилы расположен гидроцилиндр фиксатора, шток которого 7 несет профильный фиксатор, соответствующий профилю впадин на гильзе 5. Против фиксатора расположен роликовый упор 8, воспринимающий усилия фиксатора. В качестве задающего устройства следящего привода используют контактное приспособление 9 с накопителем угла отработки. Дистанционное управление контактным приспособлением осуществляют рукояткой 12 с помощью синхронной передачи на базе двух приборных сельсинов 10 и 11. Поворот входного валика контактного приспособления осуществляют через дифференциал 17 с помощью шестерен 15, 16 и 18, 19. Цепь обратной связи следящего привода состоит из реечной передачи 20—21, шестерен 22, 23, дифференциала 17 и шестерен 18, 20. Принципиальная гидравлическая схема привода (рис. 3) включает в качестве исполнительных органов гидроцилиндр перемещения пилы 1 и гидроцилиндр фиксатора 2. Гидроцилиндр перемещения пилы выполнен с неподвижным штоком 3, через который осуществляется подвод масла,

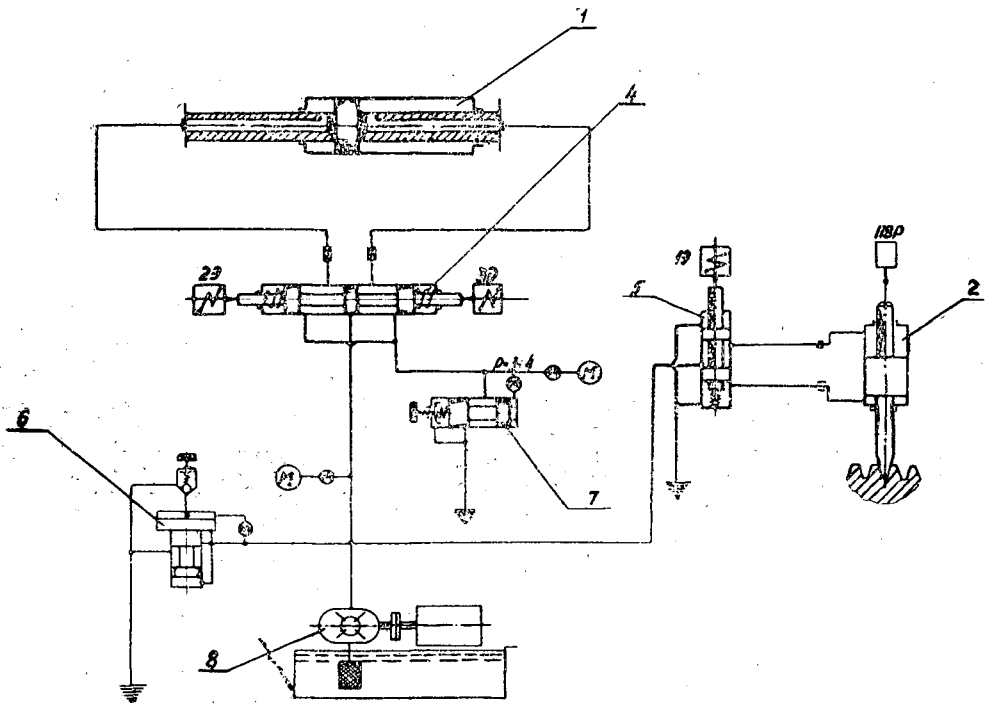
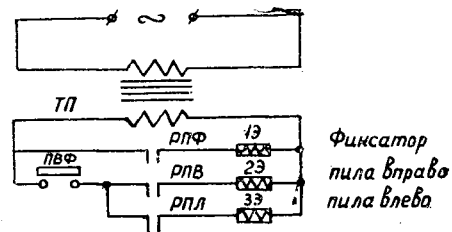


Рис. 3.

и перемещающейся по нему гильзой. Для управления цилиндром перемещения пилы применен трехпозиционный золотник 4 с электрическим управлением (типа ЗГ73-1). Среднее положение золотника имеет место при обесточенном состоянии обоих электромагнитов (2Э и 3Э). Для управления гидроцилиндром фиксатора 2 применен четырехходовой золотник 5, управляемый электромагнитом 1Э. Гидравлическая схема питается от лопастного насоса 8. Для настройки давления и перелива масла служит предохранительный клапан 6. Для создания противодействия в сливной полости установлен подпорный золотник 7.

На рис. 4 изображена принципиальная электрическая схема следящего привода. Контактное приспособление КП включено через нормально закрытые контакты конечного выключателя ПВД на выход выпрямителя В. В исходном положении обе пары контактов КП разомкнуты и, следовательно, катушки промежуточных реле РПВ (вправо) и РПЛ (влево) обесточены, как и управляемые ими электромагниты 2Э и 3Э. Рассмотрим принцип работы следящего привода.

Для установки пилы на требуемый размер входной вал КП поворачивают на определенный угол. При этом замыкается правый или левый контакт КП и включается одно из двух промежуточных реле (РПВ или РПЛ). При включении любого из реле (РПВ или РПЛ) замыкается цепь катушки реле РПФ, которое включает электромагнит 1Э, и происходит переключение четырехходового золотника 5, управляющего гидроцилиндром фиксатора. Фиксатор выходит из впадины гильзы и в конце своего хода нажимает на конечный переключатель ПВФ, который включает электромагнит 1Э или 2Э реверсивного золотника 4. Золотник смещается из нейтрального положения и сообщает напорную магистраль с соответствующей полостью гидроцилиндра. Противоположная полость цилиндра соединяется со сливом через подпорный золотник 8. Происходит перемещение пилы в заданном направлении. Одновременно с перемещением пилы вступает в работу кинематическая цепь обратной связи (через реечную передачу 20, 21 и суммирующий дифференциал). Как только пильный суппорт пройдет путь, заданный контактным приспособлением, вновь разомкнется его контакт и отключит промежуточное реле РПВ или РПЛ, а следовательно, и реле РПФ, управляющее гидроцилиндром фиксатора. Реверсивный золотник 4 (рис. 3) возвращается в среднее положение, а золотник 5 перемещается под действием своей пружины вверх. Гидроцилиндр перемещения пилы отсекается от напорной магистрали, и обе полости его сообщаются между собой и со сливом. Пила останавливается, а фиксатор уточняет ее положение, плотно входя в соответствующую впадину гильзы.



Фиксатор
пила вправо
пила влево

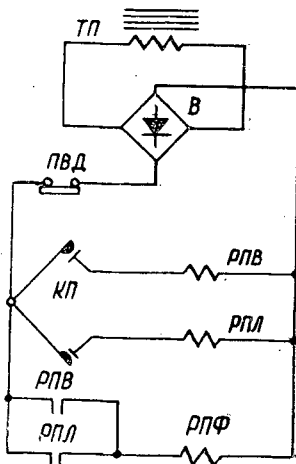


Рис. 4.

Рассмотренный привод позволяет осуществлять дистанционное и преселективное управление перемещением пилы в круглопильных обрезающих станках. Преселективность, то есть возможность предварительного набора размера для новой доски в то время, когда в станке обрабатывают предыдущую доску, достигается путем введения в электрическую схему постоянного тока нормально закрытых контактов путевого выключателя доски (по схеме ПВД). ПВД каждый раз нажат и своими нормально закрытыми контактами разрывает цепь управления, когда в станке находится доска, и освобождается, как только она уходит. При этом нормально закрытые контакты вновь замыкаются и включают соответствующее реле.

Изучение следящего привода проводили на экспериментальной установке: основные параметры исследовали при отключенном механизме принудительной фиксации. Для определения времени запаздывания следящего привода и его разброса вибраторы шлейфового осциллографа Н102 были включены в соответствующие точки электрической схемы. Время запаздывания определяли по осциллограмме как отрезок времени от момента размыкания соответствующего контакта КП до начала торможения, фиксируемого с помощью датчика скорости, сигнал которого поступает на вход соответствующего шлейфа. В качестве примера на рис. 5 представлена осциллограмма времени запаздывания следящего привода, записанная при скорости движения пленки 500 мм/сек и отметчике времени 500 гц. На рисунке цифрами обозначены: 1 — контроль срабатывания электромагнита реверсивного золотника; 2 — контроль срабатывания промежуточного реле; 3 — контроль срабатывания контактов КП; 4 — датчик скорости; 5 — отметчик времени 500 гц. Время запаздывания следящего привода на осциллограмме $\tau = 38$ мсек; оно складывается из времени отпускания контактов реле (10 мсек), отпускания электромагнита золотника (22 мсек) и запаздывания исполнительного гидроцилиндра (6 мсек).

Путем обработки полученных осциллограмм методом вариационной статистики [2] было определено среднее значение времени запаздывания привода $M_{\tau} = 38,5$ мсек и среднее квадратическое отклонение $\sigma_{\tau} = \pm 1,74$ мсек (показатель точности в этих опытах $P = 0,8\%$, что свидетельствует о хорошей достоверности полученных результатов).

На рис. 6 показана кривая распределения времени запаздывания следящего привода при перемещении пилы вправо. Из рис. 6 видно, что время запаздывания достаточно хорошо подчиняется закону нормального распределения.

На рис. 7 показана осциллограмма изменения давления в нагнетательной 1 и сливной 2 полостях гидроцилиндра перемещения пилы, снятая с помощью манометрических датчиков давления (3 — отметчик времени 500 гц; V пленки $= 100$ мм/сек).

На осциллограмме отчетливо видны колебания давления в полости нагнетания с частотой 200 гц, вызванные колебаниями лопастного насоса.

На основании полученных осциллограмм суммарная сила трения в период установившегося движения

$$R_{\text{тр}} = \Delta p \cdot F = 4 \text{ кг/см}^2 \cdot 20,7 \text{ см}^2 = 83 \text{ кг},$$

где $\Delta p = 4 \text{ кг/см}^2$ — перепад давления на поршне;

$F = 20,7 \text{ см}^2$ — рабочая площадь поршня.

На рис. 8 показана осциллограмма изменения скорости пильного суппорта в процессе перемещения пилы на 60 мм, снятая с помощью

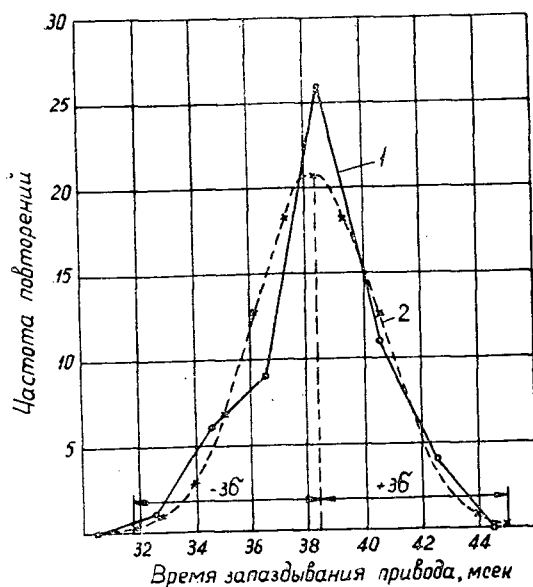


Рис. 6.

1 — экспериментальная кривая;
2 — кривая нормального распределения.

индукционного датчика линейной скорости (скорость движения пленки 100 мм/сек). На осциллограмме отчетливо видны относительные колебания скорости с частотой 200 гц, вызванные колебаниями давления в полости нагнетания. При скорости установившегося движения $V = 155$ мм/сек время разгона пильного суппорта составило 0,1 сек (при отсутствии противодействия на сливе). Для определения критической (по условию устойчивости) скорости перемещения пилы при данной ширине зоны нечувствительности скорость постепенно повышали до тех пор, пока в приводе не возникал автоколебательный процесс. Критическая скорость и характер автоколебаний записывали шлейфовым осциллографом с помощью индукционного датчика линейной скорости. Одновременно регистрировали суммарную силу сопротивления $P_c = p_1 F$, противодействие на сливе $p_{сл}$ и давление настройки системы.

Для определения фактической величины зоны нечувствительности (угла мертвого хода коромысла с контактами) на стойке управления был предусмотрен лимб с делениями через каждый градус, а на рукоятке — стрелка. Линейную зону нечувствительности задающего устройства на базе контактного приспособления определяли по формуле

$$C = \frac{\varphi_n}{\alpha_k},$$

где φ_n — угол мертвого хода контактов КП;
 $\alpha_k = 4$ град/мм — исходное кинематическое соотношение в приводе.

Зависимость критической скорости перемещения пилы от величины зоны нечувствительности показана в табл. 1. ($M_{пр} = 28$ кг/м; $p_{сл} = 5$ кг/см²).

Таблица 1

<i>s</i> , мм	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>v</i> , мм/сек	77	96	124	138	154	165	176	187	192

При уменьшении противодействия на сливе до нуля критическая скорость перемещения, а следовательно, и устойчивость следящего привода снижались в среднем на 12—15%.

Точность установки пилы в заданное положение измеряли с помощью двух индикаторов часового типа с пределом измерения 10 мм и ценой деления 0,01 мм. Точность установки пилы без механизма фиксации при скорости перемещения 100 мм/сек составляла $\pm 1,0$ мм; при скорости перемещения 180 мм/сек — $\pm 2,1$ мм. В сочетании с механизмом принудительной фиксации следящий привод обеспечивает точность установки пилы в пределах $\pm 0,5$ мм.

Основная причина неточной установки пил в заданное положение (без принудительной фиксации) — разброс суммарного времени отключения электрических аппаратов, участвующих в передаче команды исполнительному органу.

Кривые распределения разброса выбега пыльного суппорта, построенные для каждой скорости при достаточно большом числе наблюдений (150—200), свидетельствуют о том, что разброс выбега в следящем приводе релейного действия достаточно хорошо подчиняется закону нормального распределения.

Таким образом, рассмотренный привод является электрогидравлическим следящим приводом релейного действия с механической обратной связью через суммирующий дифференциал. При линейной зоне нечувствительности, равной 10 мм, привод обеспечивает устойчивую работу при скорости перемещения до 180 мм/сек.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Иващенко. Автоматическое регулирование. Машгиз, 1962.
- [2]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Гослесбумиздат, 1961.

Поступила в редакцию
12 ноября 1964 г.

УДК 634.0.561.21 : 634.0.242

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О ДИНАМИКЕ ПРИРОСТА СТВОЛОВ ПО ДИАМЕТРУ
В ИЗРЕЖЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

А. ЗВИЕДРИС

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Латвийский НИИ лесохозяйственных проблем)

После рубок ухода в изреженном насаждении образуется новый комплекс природных факторов, который определяет производительность лесных почв

Несомненно, что расширение площади питания во всех случаях содействует увеличению древесного прироста, но во многих насаждениях влияние измененных условий местопроизрастания может даже сильно превзойти влияние расширенной площади.

Сильное изменение комплекса природных факторов может иметь место как на потенциально богатых, так и на сравнительно бедных почвах.

Для иллюстрации сказанного приводим данные о динамике ширины годовичных слоев за 30-летний период в трех насаждениях, часть которых была сильно изрежена.

Первое из них расположено в двух смежных кварталах (113 и 114) Кривупского лесничества Рижского леспромхоза и представляет собой чистый сосняк-брусничник II—III классов бонитета, произрастающий на сухом мелком средне оподзоленном песке. В октябре 1944 г. в 35—40-летнем возрасте часть этого насаждения (113 квартал) во время военных действий была сильно изрежена, примерно до полноты 0,3, причем оставленные деревья не были повреждены. Остальная часть насаждения, расположенная в квартале 114, осталась нетронутой (полнота 0,8—0,9).

В 1956 г. в обеих частях насаждения было заложено по одной пробной площади, а в 1960 г. проведен повторный подробный анализ прироста стволов по диаметру на высоте груди и по высоте. Ширина годовичных слоев была измерена у 40 стволов на каждой пробе, а затем вычислена средняя ширина слоев по отдельным годам, за период с 1931 по 1960 г.

До изреживания за период с 1937 по 1944 г. ширина годовичных слоев в обеих частях насаждения была практически почти одинакова.

В следующем после изреживания 1945 году началось резкое расширение слоев, которые достигли максимальной ширины в 1946 г.; затем эта величина постепенно сокращалась до 1953 г., когда в обеих частях насаждения она оказалась почти одинаковой. С 1955 г. снова начали откладываться расширенные слои по сравнению с неизреженной частью.

Резкое расширение слоев в 1945—1951 гг. нельзя объяснить только влиянием увеличенной площади питания. Очевидно, основной причиной было появление в почве дополнительных питательных веществ, которые образовались из органических соединений, разлагаемых почвенными организмами в более интенсивно согретой и освещенной изреженной части насаждения. Известно, что в сосняках-брусничниках запас накопившихся органических веществ довольно ограничен, поэтому протекающие процессы разложения, несомненно, стали постепенно затихать, приток дополнительных питательных веществ прекратился и к 1953 г. ширина годовичных слоев в обеих частях насаждения почти сравнялась. Несколько большую ширину слоев, встречающихся в 1955—1960 гг., можно вполне объяснить увеличенной площадью питания в изреженной части насаждения.

Второй обследованный объект расположен в квартале 175 Олайнского лесничества (Ригас Юрмалского леспромхоза).

Он представляет собой чистое сосновое насаждение II класса бонитета, часть которого в том же 1944 г. была сильно изрежена, причем в группах полнота понизилась до 0,3, а в неизреженной части сохранилась на уровне 0,8—0,9. Насаждение в целом произрастает на хорошо разложившемся слое сфагново-древесного торфа

мощностью 30—70 см. Под слоем торфа — мелкий желтовато-серый песок. Тип леса — сосняк багульниковый осушенный. Возраст древостоя в 1963 г. — 65 лет.

Осушительная система, представляющая собой густую сеть неглубоких канав, устроена в начале текущего столетия и за последние десятилетия содержалась в полном порядке.

Несколько расширенные (на 0,3—0,4 мм) годовичные слои после изреживания древостоя появились только в 1950 г., и эта разница сохранилась примерно на одном уровне до 1956 г., а только затем началось относительное и абсолютное сильное расширение слоев, которое прогрессировало до момента исследования.

Если признать, что сравнительно небольшое расширение слоев за период с 1950 г. по 1956 г. произошло вследствие увеличения площади питания, то быстро прогрессирующее расширение слоев после 1957 г. можно объяснить появлением в почве дополнительных питательных веществ, образовавшихся при разложении микроорганизмами органических соединений торфа.

Третий исследованный объект расположен в квартале 104 Слокского лесничества Ригас Юрмалского леспромхоза и представляет собой смешанный березово-еловый сосняк осоково-тростниковый, осушенный, II класса бонитета.

Почва — до глубины 60 см — черно-бурый средне разложившийся тростниково-сфагново-осоковый торф, под ним — желтовато-серый мелкий песок.

Возраст ели (в 1963 г.) — 35—65 лет, сосны и березы — 55—65 лет. Часть насаждения (одна пробная площадь) в 1949 г. была сильно (до полноты 0,5) изрежена при проходной рубке, причем была вырублена почти вся береза и часть сосны; в неизреженной части (другая пробная площадь) осталась полнота 0,8.

В насаждении имеется густой подрост и II ярус ели, а также подлесок из крушины и ивы.

До проведения рубок ухода, то есть до 1949 г., на обеих пробных площадях средняя ширина годовичных слоев была почти одинакова.

После проведения проходной рубки в изреженной части насаждения годовичные слои у сосны, по сравнению с неизреженной частью, только немного расширились, а с 1949 г. по 1951 г. были даже уже. Кроме того, исследования показали, что после проходной рубки, когда было устранено сильное затенение ели, ее прирост по диаметру значительно увеличился, например, ширина годовичных слоев в 1950—1953 гг. в два раза превысила ширину слоев 1940—1943 гг. Эти данные показывают, что даже интенсивное изреживание насаждения только незначительно повлияло на размер прироста стволов сосны по диаметру.

Наиболее вероятными причинами слабого реагирования сосны в этом примере являются: во-первых, то, что еще до рубки кроны сосны занимали верхнюю часть полога и не были затенены; во-вторых, благодаря густому ярусу подроста и подлеска, который сохранился и после рубки, микроклимат у поверхности земли почти не изменился, поэтому мало изменились и темпы разложения торфа, вследствие чего в значительной степени могло увеличиться содержание в почве подвижных соединений азота, фосфора, калия. Кроме того, густой ярус ели, размер прироста которого почти удвоился, вероятно, использовал значительную часть питательных веществ в почве.

Приведенные примеры еще раз показывают, какое важное значение имеет типологическая классификация лесов при проведении рубок ухода и при оценке достигнутых результатов; кроме того, исследованные характерные примеры подтверждают тот факт, что во многих случаях правильные выводы о результатах проведенных в лесу мероприятий можно получить не ранее, чем через 10—15 лет.

Поступила в редакцию
30 июня 1964 г.

УДК 634.0.51

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТАКСАЦИОННЫЙ ПРИБОР (УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТАКСАЦИИ ЛЕСА)*

Н. Н. СЕМЕНЧЕНКО

Зам. начальника отдела лесного хозяйства управления лесной промышленности
и лесного хозяйства Западно-Уральского СХЗ

Современные методы таксации лесного и лесосечного фонда несовершенны. Они трудоемки и недостаточно точны. Применение в лесной таксации теории вероятности и математической статистики позволяет заменить сплошные измерения выборочными, без существенных отклонений в точности результатов, а также ограничить влияние субъективности при глазомерной оценке леса. При таксации леса должны широко использоваться существующие закономерности строения древостоев.

Сконструированный нами прибор (рис. 1) состоит из корпуса прямоугольной формы, на правой стороне которого расположены высотомер-эклиметр и логарифмический вычислитель. В левой передней части корпуса находится предметный диоптр, имеющий шкалу дальномера и шкалы для определения сумм площадей сечения; в задней правой части — глазной диоптр.

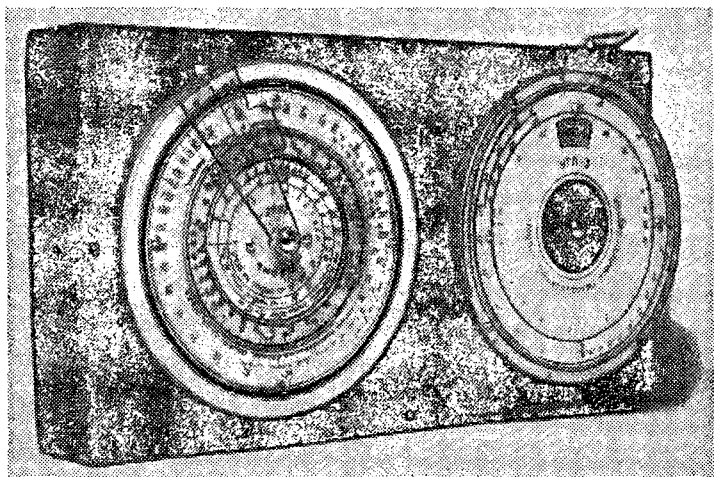


Рис. 1.

Дальномер состоит из шкалы, расположенной на неизменном расстоянии от глаза наблюдателя, и базисной рулетки, устанавливаемой у предмета, расстояние до которого желают измерить.

Полнотомер состоит из шкал с коэффициентами 1,0 и 2,0, расположенных на неизменном расстоянии от глаза наблюдателя, рассчитанных по принципу полнотомера В. Биттерлиха.

* Изобретение Н. Н. Семенченко «Устройство для таксации леса». Авторское свидетельство № 149889.

Так как точность работы дальномера и полнотомера зависит от базиса прибора, в целях обеспечения его портативности, при соблюдении необходимой точности измерений, внутренний базис увеличивается системой зеркал.

Высотомер-эклиметр состоит из эклиметра, дополненного системой соосных логарифмических шкал: одной на подвижном внешнем кольце и одной на центральном диске, позволяющих вычислять высоту дерева при произвольном расстоянии до него.

Установив значение шкалы подвижного кольца, соответствующее расстоянию до дерева, против значения угла 45° на шкале $\lg \operatorname{tg} L$ и производя отсчет на шкале подвижного кольца против угла, измеренного при визировании на вершину дерева, вычисляем его высоту.

В местах с выраженным рельефом производится два отсчета: против углов, измеренных визированием на вершину и основание дерева. Высоту дерева определяют как сумму отсчетов при положении основания дерева ниже уровня глаза наблюдателя и как разность отсчетов при положении выше уровня глаза.

На окружности диска эклиметра нанесена шкала для ограничения летучих круговых пробных площадок радиусом 5 м при положении глаза наблюдателя на высоте от 140 до 180 см относительно поверхности земли с градиациями через 10 см.

При необходимости замера диаметров, недоступных непосредственному измерению, на предметный диоптр дополнительно наносят шкалу диаметров, а на центральный диск крышки высотомера-эклиметра две логарифмические шкалы, служащие для вычисления расстояния по наклонной к месту измерения и диаметра на основании отсчета по шкале и установленного расстояния.

Логарифмический вычислитель (модель ЛВ-5)* состоит из центрального круга и внешнего кольца, неподвижно закрепленных на основании внутреннего подвижного кольца, имеющего упор для передвижения, целлюлоидного визирного приспособления, свободно вращающегося на оси. Основание подвижного кольца имеет выступ по всему периметру, благодаря которому оно удерживается между центральным кругом и неподвижным внешним кольцом. На центральном круге нанесены три шкалы числа деревьев для пробных площадей $R = 5$ м, $R = 10$ м и $S = 100$ м². На подвижном кольце имеется шкала средних диаметров и шкала сумм площадей сечения, а на внешнем неподвижном — две шкалы высот и шкала запасов. На визирном приспособлении нанесена шкала поправок на наклон местности и шкала поправок запасов, которые вносят при отклонениях видовых высот отдельных пород от принятых при изготовлении прибора. Совмещая значение среднего диаметра с началом шкалы числа деревьев и производя отсчет на шкале сумм площадей сечения против значения, соответствующего среднему количеству деревьев на летучей круговой площадке $R = 5$ м или $R = 10$ м, определяем Σg . Совмещая сумму площадей сечения, определенную полнотомером, со средним числом деревьев на летучей круговой пробной площадке, против начала шкалы числа деревьев на шкале диаметров читаем средний диаметр. Совмещая начало шкалы сумм площадей сечения подвижного кольца со значением средней высоты на шкале высот и производя отсчет на шкале запасов против значения установленной суммы площадей сечения, определяем запас по породам.

Средние видовые высоты исчислены для двух групп пород: для сосны, лиственницы, березы, осины, ольхи, липы по формуле

$$h \cdot f_{\text{ср}} = 0,380h_{\text{ср}} + 1,4;$$

для ели, пихты, дуба, клена, ильма по формуле

$$h \cdot f_{\text{ср}} = 0,405h_{\text{ср}} + 1,4.$$

Поправки на наклон местности вносят путем отсчета не по центральной черте визирного приспособления, а против обозначенного угла наклона. Таким же образом делают поправки по запасам при наличии отклонений в средних видовых высотах отдельных пород от принятых при изготовлении прибора. Размеры изготовленных моделей прибора: корпус $220 \times 115 \times 30$ мм, высотомер-эклиметр и логарифмический вычислитель $d = 100$ мм, $h = 15$ мм, базисная рулетка $l = 150$ см. Внутренний оптический базис модели 630 мм. Точность полученных данных зависит от числа наблюдений и коэффициентов вариаций таксационных показателей насаждений.

При достаточном количестве наблюдений она вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к таксации лесосеочного фонда в зоне основных промышленных лесозаготовок.

* Н. Н. Семенченко. Логарифмический вычислитель сумм площадей сечения и запасов насаждений (модель ЛВ-4). ЦБТИ, М., 1961. Научно-техническая информация по лесной промышленности, сборник № 12. Логарифмический вычислитель (модель ЛВ-5). ЦБТИ Пермского СХЗ, Пермь, 1961.

УДК 048.1

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

ПОЛЕЗНОЕ И НУЖНОЕ ПОСОБИЕ

Улучшение экономической подготовки кадров лесного хозяйства во многом зависит от наличия хороших учебников и учебных пособий по конкретной экономике. К сожалению, до последнего времени по курсу экономики, организации и планирования лесохозяйственного производства таких пособий по существу не было. Поэтому понятен тот интерес, с которым был встречен «Сборник задач и упражнений по экономике, организации и планированию лесного хозяйства»*.

Сборник допущен Министерством высшего и среднего специального образования УССР в качестве учебного пособия для студентов лесохозяйственных факультетов УССР.

Сборник охватывает практические вопросы как экономики лесного хозяйства, так и организации и планирования производства. Характерной чертой сборника является краткое вступление по каждому из разделов, в котором, наряду с теоретическим пояснением вопроса, дана методика решения типовых и наиболее сложных задач. Такое построение пособия дает возможность широкого использования его в заочном обучении, где соответствующие задачи и упражнения выполняют роль заданий для контрольных работ, а теоретические пояснения помогают более глубоко закрепить программный материал. Использование сборника для экономической подготовки студентов-заочников предусматривают и сами авторы. С этой целью ряд задач составлен с учетом использования в качестве условия отчетных и других материалов конкретных предприятий по месту работы студента, что также является положительной стороной рецензируемого пособия.

Обзор разделов сборника показывает, что они отражают важнейшие темы про-

граммы экономики, организации и планирования лесного хозяйства. В отдельные самостоятельные разделы выделены вопросы экономической эффективности капиталовложений и новой техники, экономической эффективности лесохозяйственных мероприятий и анализа бухгалтерского баланса предприятия.

Тем не менее сборник задач не лишен недостатков. Прежде всего, бросается в глаза отсутствие задач и упражнений по таким важным вопросам экономики и организации производства, как себестоимость, экономическая оценка леса (на корню и в виде готовых сортиментов), экономические показатели лесохозяйственного производства и использования земель лесного фонда.

Интересны и весьма многообразны задачи и упражнения по техническому нормированию. В сборнике даны задачи по расчету комплексных норм выработки на такие работы, как отвод лесосек, сбор и переработка семян, установка квартальных столбов. К сожалению, авторы сборника не акцентировали внимания студентов на составлении комплексных норм на лесозаготовительные работы. Между тем, внедрение средств механизации и бригадная форма организации труда, как правило, требуют применения комплексных норм и расценок, которые во многих случаях приходится рассчитывать инженерно-техническим работникам предприятий. Недостатком этого раздела является также отсутствие в теоретической части сведений о делении рабочего процесса на составные части, нет задач по определению среднеплановых норм.

В разделе «Труд и заработная плата» дано указание, что в качестве сводного показателя производительности труда по бюджетной деятельности пользуются процентом выполнения норм выработки и объемом работ в ценах 1956 г., приходящихся на одного списочного рабочего. Как известно, в силу изменчивости норм выработки процент выполнения норм не может правильно характеризовать уровень производительности труда. Поэтому его не следовало бы вводить в

* Т. А. Кислова, И. В. Борисова, Н. А. Макаров, М. О. Прохнюк. Сборник задач и упражнений по экономике, организации и планированию лесного хозяйства. Изд. Львовского университета, Львов, 1963.

задачник. В то же время следовало бы дать одну — две задачи для определения сводного показателя уровня и динамики производительности труда в ценах базисного периода. Очень мало задач по начислению заработной платы (всего 6), причем нет ни одной задачи по начислению зарплаты рабочим, занятым производством продукции ширпотреба, а также по определению комплексной сдельной расценки.

Чувствуется, что при составлении задач по экономической эффективности лесохозяйственных мероприятий и ряду других спорных вопросов авторы испытывали определенные трудности, которые вызывались существованием в специальной литературе различных мнений и толкований методического порядка. Это прежде всего касается учета фактора времени при лесовыращивании, определения полной себестоимости лесохозяйственных мероприятий и др. Очевидно, этим также объясняется некоторая путаница в терминологии. Для выражения одного и того же понятия в одном случае употребляется термин «затраты» (стр. 75), в другом — «себестоимость» (стр. 116), в третьем — «стоимость» (стр. 117), хотя совершенно ясно, что везде идет речь о себестоимости. Здесь авторы сказались в плену ошибочной терминологии, имеющей широкое хождение в производственно-финансовых планах и отчетах по основной (бюджетной) деятельности предприятий лесного хозяйства. Нельзя согласиться и с предложенной методикой экономического обоснования выбора главных древесных пород. Сопоставление корневой стоимости эксплуатационного запаса, приведенного к од-

ному возрасту, недостаточно для этой цели. Необходимо еще знать, ценой каких усилий достигнут этот результат, то есть себестоимость выращивания насаждений до возраста главной рубки.

В разделе «Рентабельность производства» приведены две задачи по определению рентабельности рубок ухода, причем речь идет о рентабельности рубок лесозаготовительного мероприятия. К сожалению, такого указания в условии задач нет, и поэтому у студентов может сложиться неверное представление об эффективности рубок ухода.

Из других недостатков пособия следует отметить встречающиеся неточные выражения, например, «рентабельность товарной продукции», «план рентабельности товарной продукции», «экономическая оценка осушения», «экономический эффект от рубок ухода» и др., что совершенно недопустимо в учебной литературе.

В заключение следует отметить, что, несмотря на отмеченные недостатки, первый опыт написания учебного пособия такого рода удался. Несомненно, сборник задач и упражнений, составленный научными работниками кафедры экономики и организации производства Львовского лесотехнического института, сыграт важную роль в улучшении экономической подготовки специалистов для лесного хозяйства страны.

А. Д. Янушко.

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук.

Т. С. Берегова.

*Ассистент.
(Белорусский технологический институт).*

УДК 06.091

ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ И. С. МЕЛЕХОВА

15 сентября исполнилось 60 лет со дня рождения И. С. Мелехова, профессора, доктора сельскохозяйственных наук, действительного члена и академика-секретаря ВАСХНИЛа, заместителя председателя Гослескомитета, заведующего кафедрой лесоводства и подсоски леса Московского лесотехнического института.

Иван Степанович прошел большую жизненную и научную школу. Его учителями были выдающиеся советские ученые М. Е. Ткаченко, М. М. Орлов, К. К. Гедройц, Л. А. Иванов, В. Н. Сукачев, М. Н. Римский-Корсаков и др. Окончив Ленинградскую лесотехническую академию, он в 1930 г., под руководством проф. М. Е. Ткаченко, организует кафедру лесоводства в Архангельском лесотехническом институте. Вскоре он возглавил эту кафедру. За период до 1962 г. им подготовлено в Архангельске более тысячи инженеров лесного хозяйства, работающих в различных районах нашей страны.

Наряду с педагогической деятельностью, И. С. Мелехов развертывает научно-исследовательскую работу в лесотехническом институте, а с 1938 г. также руководит лесохозяйственной группой Северной базы АН СССР, впоследствии ставшей Северным отделением Института леса и лесохимии, директором которого он был с 1957 по 1962 г.

Много труда и сил отдал Иван Степанович общественной деятельности. Он был избран депутатом Верховного Совета СССР, депутатом местных Советов, был председателем областного отделения общества «Знание» и выполнял ряд других общественных поручений. Иван Степанович — бессменный член редакционной коллегии «Лесного журнала».

Как крупный ученый-лесовод И. С. Мелехов принимал активное участие в работе международных лесных конгрессов (в США и Австрии).

В деятельности И. С. Мелехова, воспринявшего лучшие традиции науки, созданные его предшественниками, мы видим также черты нового разностороннего типа ученого. Педагогическая, научно-исследовательская работа, научно-организаторская и общественная деятельность тесно переплелись между со-

бой. Огромные знания, опыт, внесенный им вклад в науку выдвинули И. С. Мелехова в число ведущих лесоводов страны.

Перу Ивана Степановича принадлежит около 200 печатных работ, охватывающих широкий круг важнейших проблем лесоведения и лесоводства. В лесной пираологии он явился одним из пионеров. Широко известны его работы по изучению технических свойств древесины хвойных пород; так впервые в СССР им начато изучение механических свойств ранних и поздних трахеид. Много сделал И. С. Мелехов и в области изучения анатомии древесины: выявлена связь анатомического строения с типами леса и географическим происхождением образцов.

Уделяя большое внимание проблеме рубок и восстановления лесов, И. С. Мелехов написал книгу «Рубки главного пользования», подводящую итоги многолетних исследований автора и его учеников.

И. С. Мелехов выступил в лесной науке как основоположник нового научного направления — учения о типах вырубок, которое выступает как теоретическая основа лесовосстановительных мероприятий на сплошных концентрированных вырубках и получило широкое распространение и признание как в нашей стране, так и за ее пределами.

И. С. Мелехов — ученый широкого диапазона. Его интересуют смена пород и лесная типология, болезни леса и история лесной науки, повышение продуктивности лесов и ряд других проблем. В его трудах разрабатываются основные проблемы таежного лесоводства во всей их взаимосвязи. По существу, именно И. С. Мелехов четко поставил и сформулировал вопрос о таежном лесоводстве, фундамент которого он создает вместе с другими лесоведами.

Отмечая юбилей Ивана Степановича, лесоводы нашей страны, его ученики и соратники желают ему доброго здоровья и долгой плодотворной научной деятельности.

В. Г. Чертовской.

П. И. Войчалъ.

Кандидаты сельскохозяйственных наук.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. П. Сляднев. Факторы, обуславливающие эффективность азотного удобрения в сосновых культурах сухого бора	3
В. Н. Ненюхин. Некоторые физиологические особенности прививок сосен в период их приживания	7
В. Я. Попов, П. И. Войчалъ. Шестилетние географические культуры сосны в Архангельской области	13
Е. И. Енькова, Ю. П. Ефимов. Влияние температурной обработки желудей дуба ранней и поздней форм на состояние семян	18
Г. Б. Паулюкевичус. Изменение водного режима насаждений под влиянием постепенных рубок	24
В. Е. Кизенков, Ф. Б. Орлов. Влияние лиственного молодняка на культуры сосны, созданные аэросевом	30
А. К. Денисов. Возрастная структура и развитие девственных дубрав	34
Г. С. Разни. Об изменчивости класса бонитета и полноты насаждений с возрастом	37
Н. М. Ведерников. Биофенология гриба <i>Phacidium infestans</i> Karst, ее особенности и характер вызываемой им болезни в условиях Татарской АССР	40
М. Е. Васильев. Новая конструкция ползащитных полос для целинных земель Западной Сибири и Северного Казахстана	44

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

М. М. Вахрушев. Расчет пакета лесоматериалов в гибкой обвязке, лежащего на плоскости	50
Г. А. Калинин, В. В. Щелкунов. Исследование вписывания лесовозного подвижного состава в стрелочный перевод методом кино съемки	60
В. Я. Харитонов. Всплывание (качение) бревна по направляющим	65
С. Г. Осколков. Износ узкоколейных рельсов на лесовозных дорогах Западной Сибири	73
Б. Д. Васильев-Козлов. Исследование усилий, действующих на раму автолесовоза	82
С. В. Гулидов. К вопросу об определении усилий в продольных тросах сигарообразного плота при статической постановке его на волну	88

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Онегин. Влияние армирования стекляннм волокном на прочность плит из опилок	94
Ф. С. Мартинович. Влияние степени измельчения древесины хвойных и лиственных пород на свойства пьезотермопластиков	98
А. И. Новосельская, В. Н. Вихрева. Влияние тепловой обработки древесины в присутствии буферов на упругопластические свойства	104
О. А. Васильев. Влияние микроорганизмов на погруженную в воду древесину сосны и ели	110
Ю. Г. Лапшин. Плоское напряженное состояние в начальный период сушки древесины	119

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. М. Никитин, Н. И. Васильев. Получение и анализ азопроизводных лигнина и α -нафтиламина	124
Ю. Н. Непенин, А. Д. Буевская. Исследование состава отработанных щелоков от горячего облагораживания целлюлозы	127
О. Ф. Горбунова, В. Д. Богомолов. Полярнографическое определение элементарной серы в тиолигнинах	133
Н. К. Лысяк, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкин. Изучение неомыляемой фракции смолистых веществ хвой. Сообщение 1	139
А. И. Егоров, М. А. Топоркова. Совместное сжигание низкокалорийного генераторного газа и древесной щепы в топках скоростного горения ЦКТИ системы В. В. Померанцева	145

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. В. Соболев, Н. А. Гончаренко. Алгоритм составления плана раскроя пиловочного сырья	154
В. М. Кузнецов. Исследование электрогидравлического следящего привода для перемещения и установки пил в обрезных станках	162

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. Звиедрис. О динамике прироста стволов по диаметру в нарезанных насаждениях	169
Н. Н. Семенченко. Универсальный таксационный прибор (устройство для таксации леса)	171

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

А. Д. Янушко, Т. С. Берегова. Полезное и нужное пособие	173
---	-----

ЮБИЛЕИ

В. Г. Чертовской, П. И. Войчалъ. Юбилей И. С. Мелехова	175
--	-----

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ.

«Лесной журнал» № 5.

Сдано в набор 1/IX 1965 г. Подписано к печати 22/X 1965 г. Форм. бум. 70x108¹/₁₆. Физич. л. 11.
Печ. л. 15,07. Уч.-изд. л. 14,67. Тираж 1600. Сл 00187 Зак. № 150

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

К каждой статье, присылаемой в редакцию, автор должен приложить 2 экземпляра автореферата, без них статьи не будут приниматься редакцией к рассмотрению.

Требования, предъявляемые к реферату

1. В реферате кратко излагается основное содержание статьи. Реферат должен дать читателю представление о характере освещаемой работы, оригинальности постановки вопроса, методике проведения исследования и его основных результатах.

2. Реферату должно предшествовать библиографическое описание в следующем виде: название статьи, фамилия и инициалы автора, название журнала, где помещается статья. Текст реферата начинается непосредственно с изложения существа работы без повторения заголовка. Форма изложения материала не обязательно должна повторять форму изложения оригинальной статьи.

3. Если оригинал содержит большое количество цифровых данных, их следует обобщить и систематизировать.

4. Средний объем реферата 1,5—2 страницы машинописного текста, отпечатанного через два интервала на белой писчей бумаге обычного формата (30×21) в двух экземплярах с полем 4 см с левой стороны.

5. Таблицы, схемы, графики и пр. могут быть включены в том случае, если они отражают основное содержание работы или сокращают текст реферата. Сообщение о наличии в реферируемой работе таблиц, схем, графиков, фотографий, карт, рисунков необходимо давать в конце реферата. Например, табл. 2, илл. 10.

6. Формулы приводятся только в том случае, если они необходимы для понимания статьи. Громоздкие математические выражения помещать не следует. Формулу следует вписывать четко, не изменяя принятых в оригинале обозначений величин. Формулы и буквенные обозначения вписываются чернилами черными во второй экземпляр. Вписывание формул и буквенных обозначений, а также исправление замеченных опечаток в первом экземпляре не делается.

7. В конце реферата в квадратных скобках указывается название учреждения или предприятия, в котором автор реферируемой работы (если эти данные приводятся в статье) провел работу. Подпись автора и дату написания реферата следует ставить в левом нижнем углу на обоих экземплярах реферата.

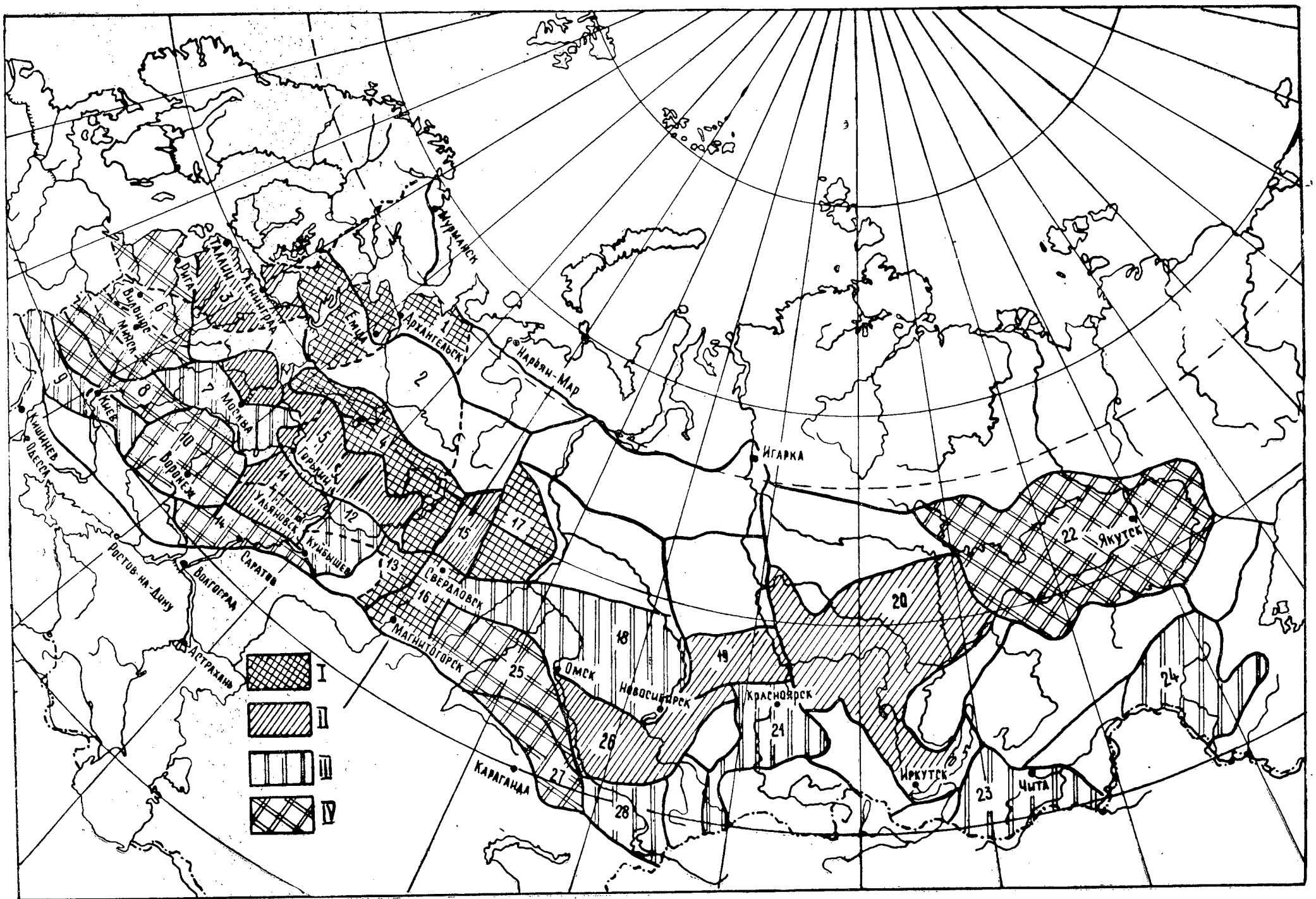


Рис. 1. Рост в высоту шестилетних культур сосны в учебно-опытном лесхозе АЛТИ в зависимости от географического происхождения семян.
 I-IV—районы заготовки семян сосны: I—высота культур 36—40 см; II—31—34 см; III—26—30 см; IV—22—24 см.

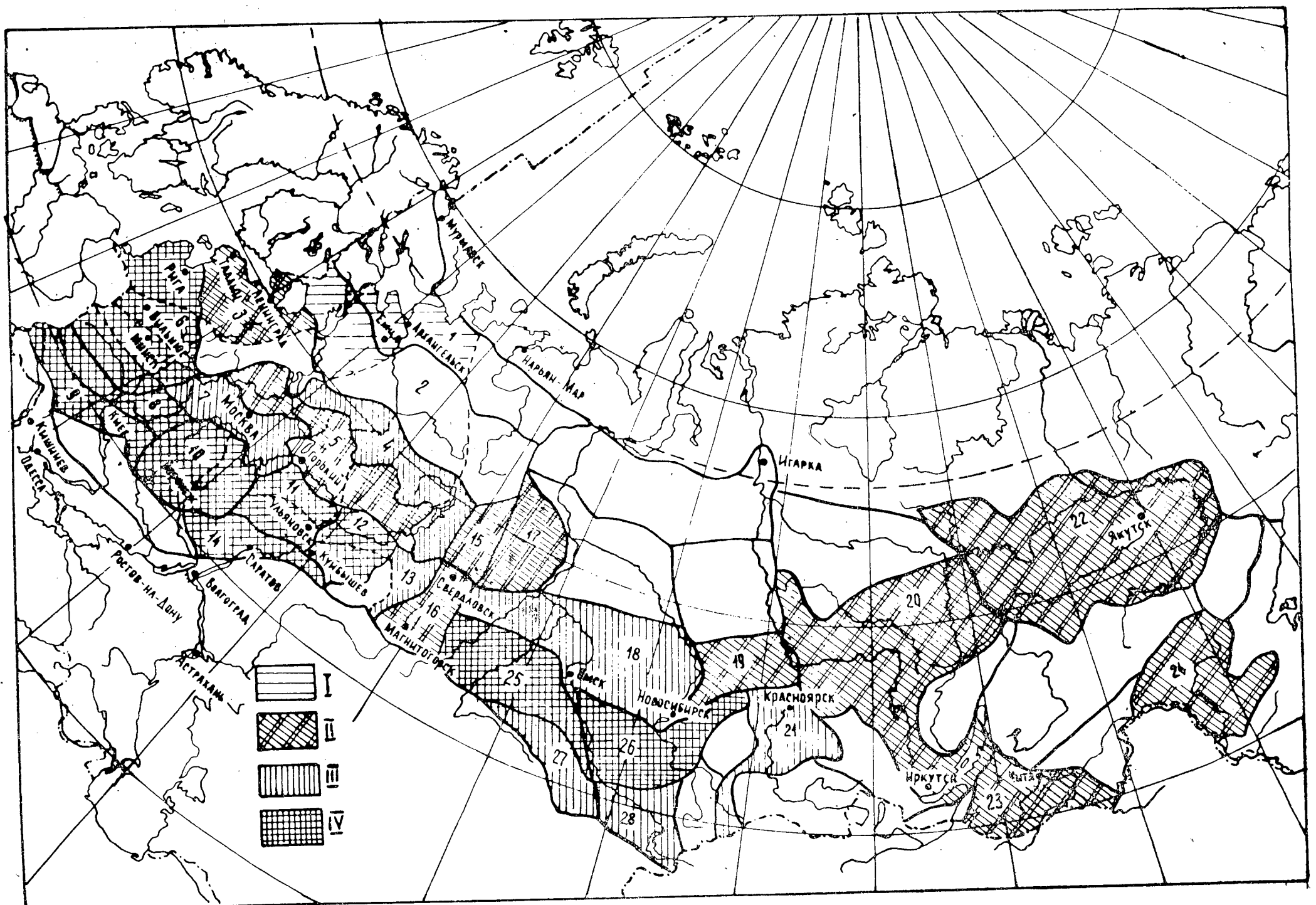


Рис. 2. Отпад деревьев в шестилетних культурах сосны в учебно-опытном лесхозе АЛТИ по районам происхождения семян.
 I—районы с отпадом 47—59%; II—71—80%; III—82—88%; IV—90—98%.

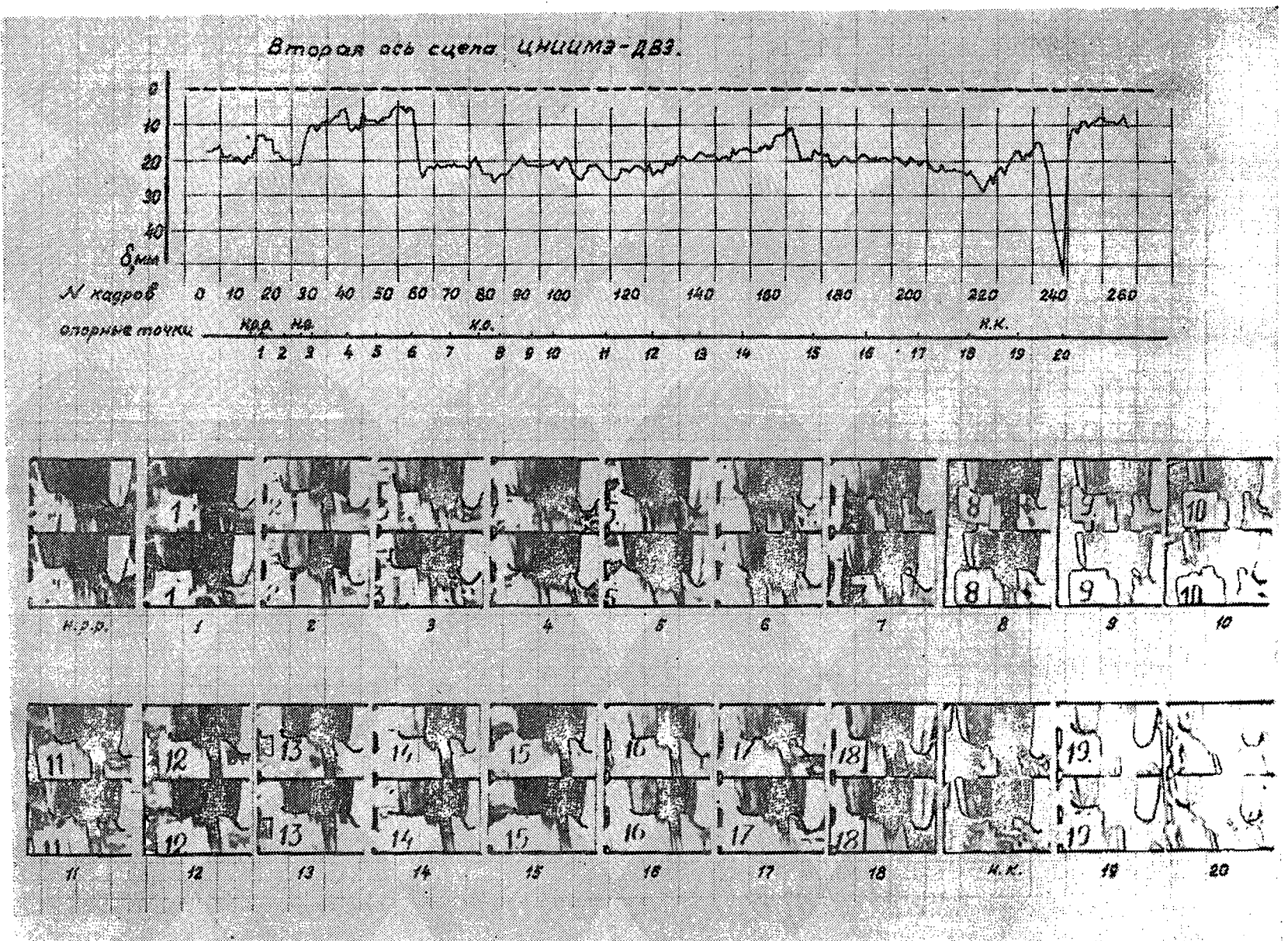
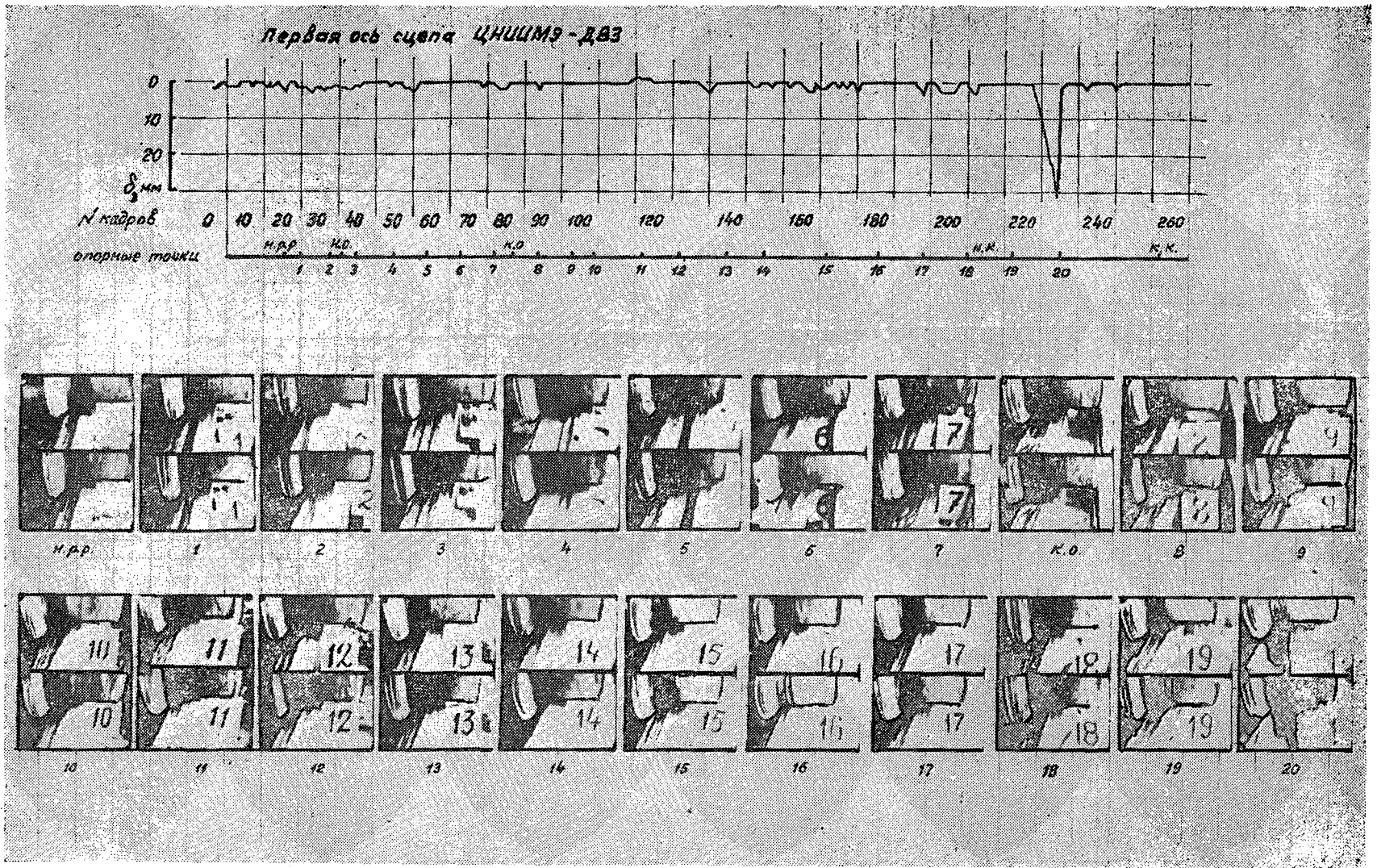


Рис. 2. Покадровая зависимость зазора между гребнем колеса и внутренней гранью рельса по длине стрелочного перевода.

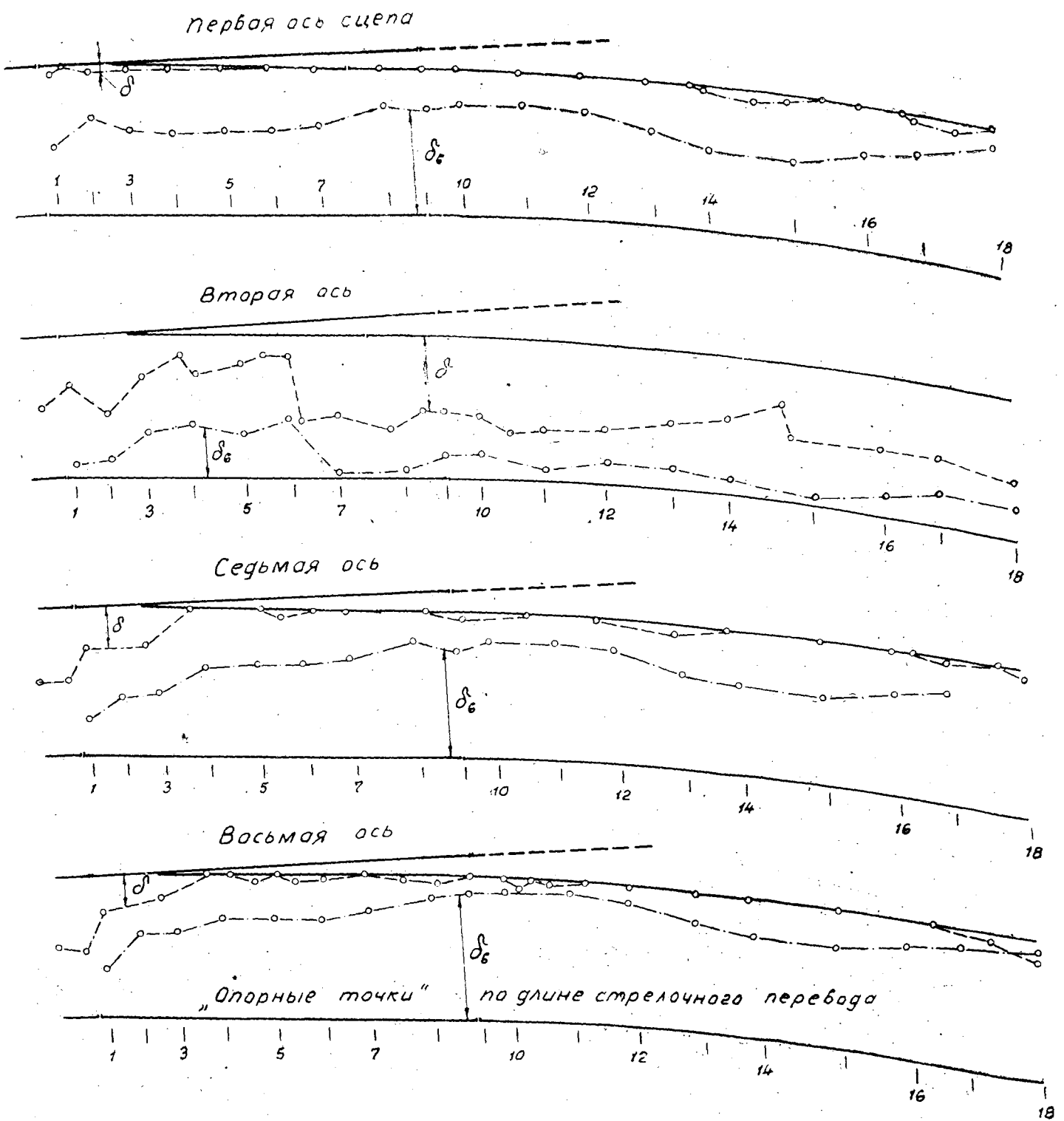


Рис. 3. Характер прохождения по переводу осей первой и последней тележек сцены ЦНИИМЭ-ДВЗ.

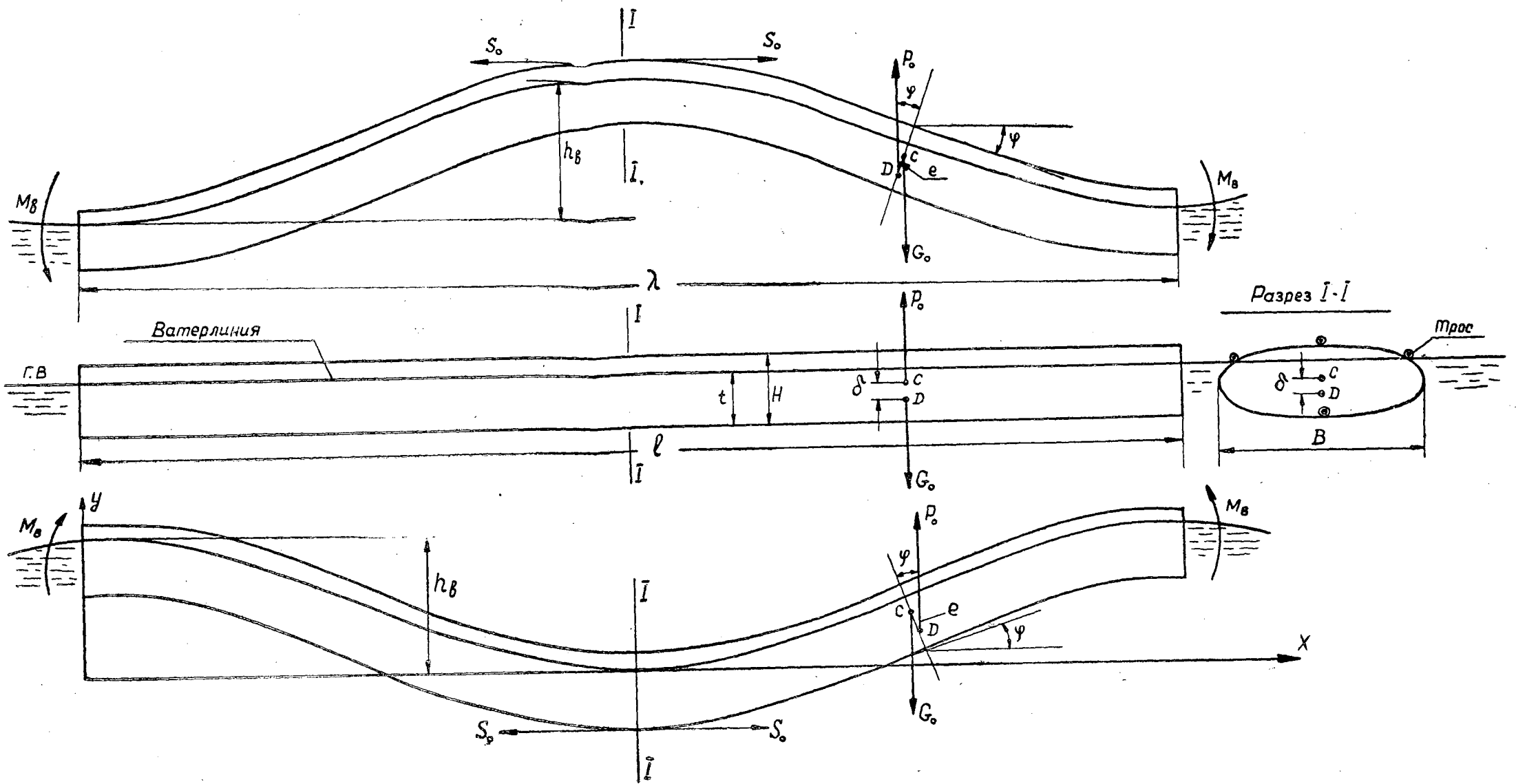


Рис. 1.

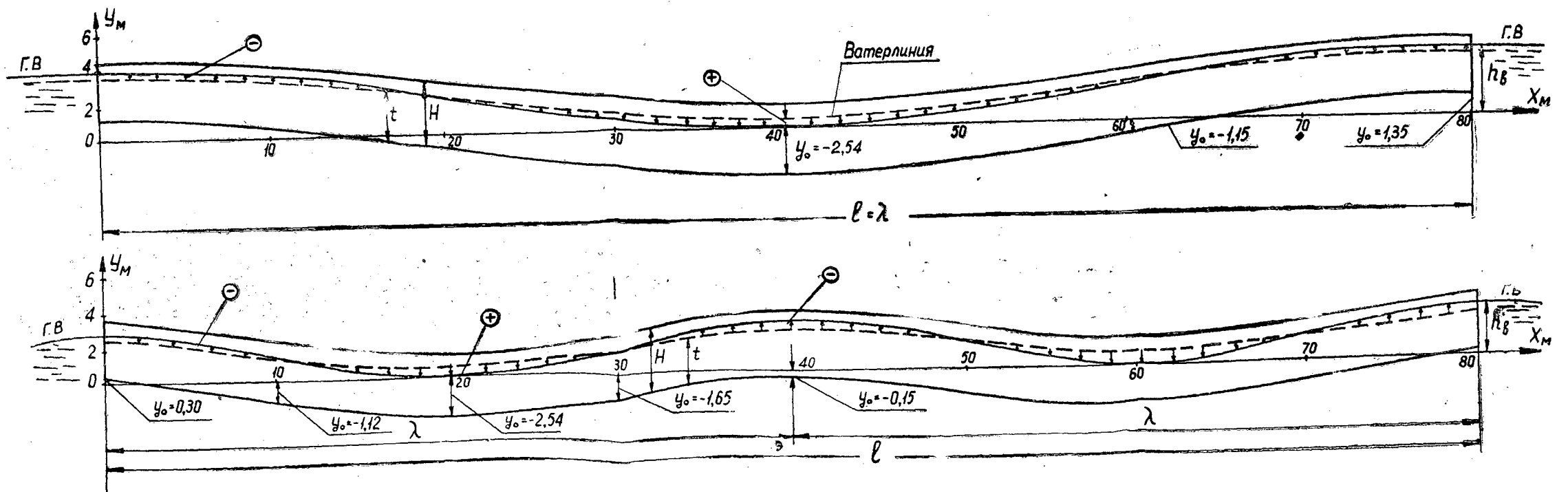


Рис. 3.

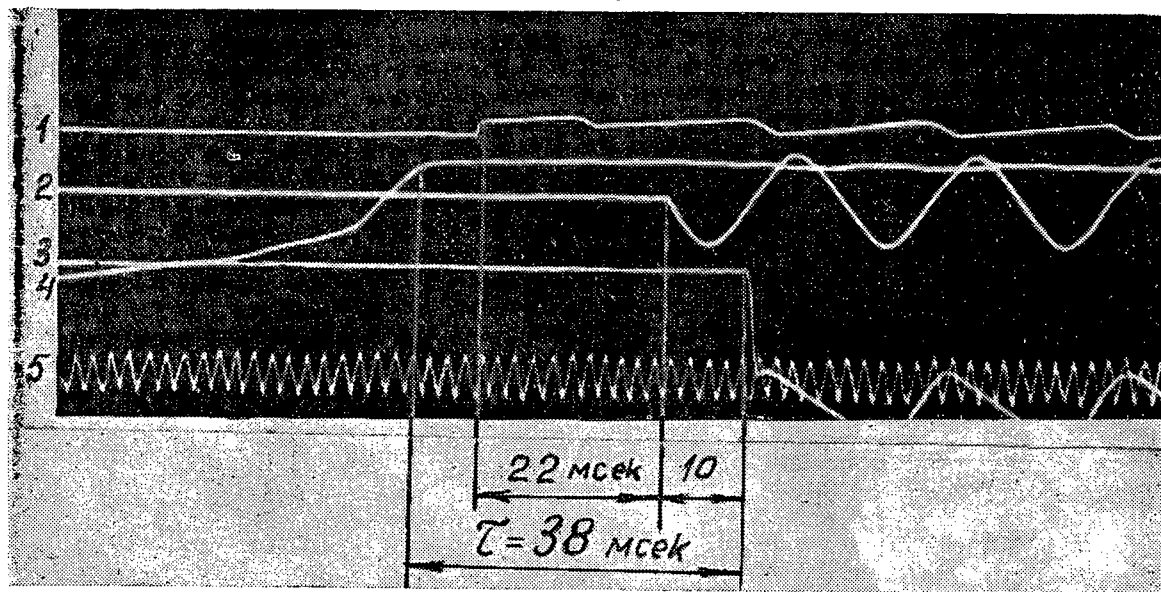


Рис. 5.

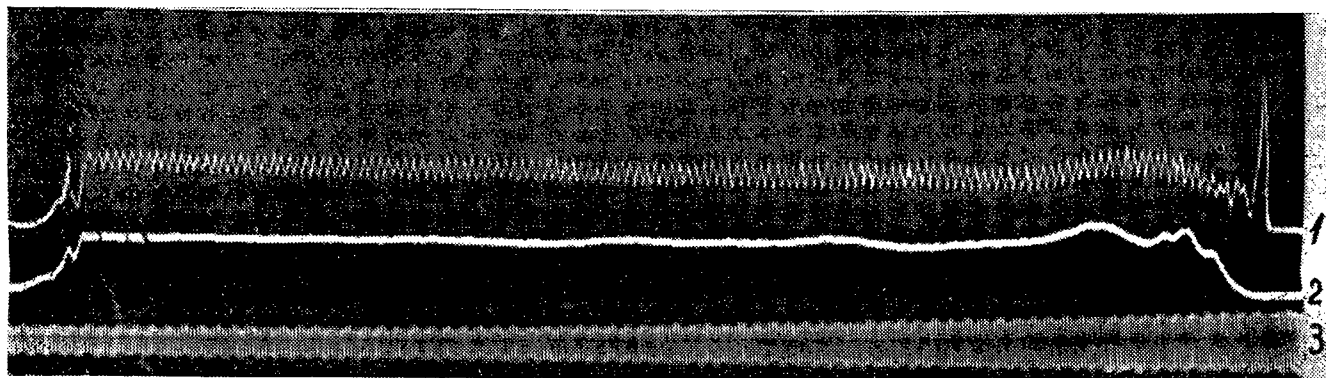


Рис. 7.

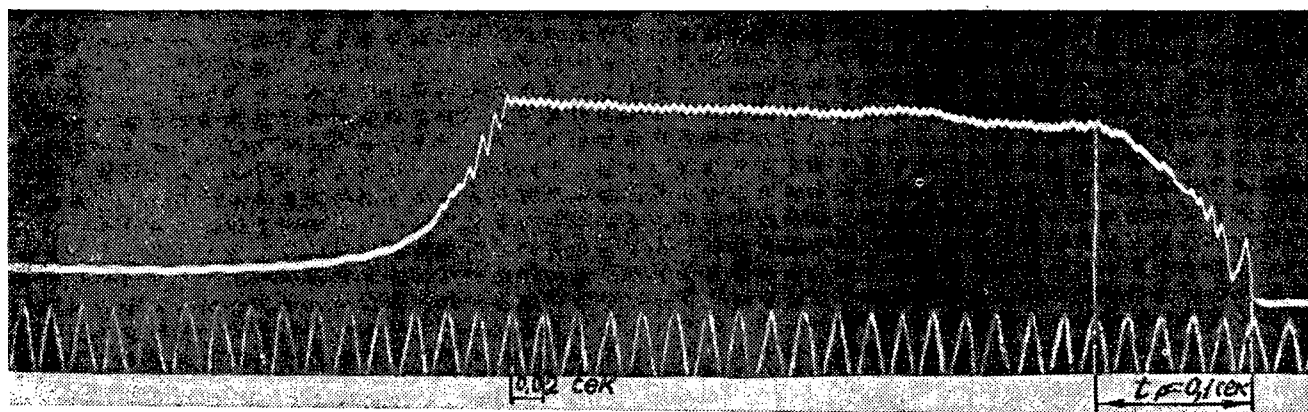
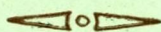


Рис. 8.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь
на журнал на 1966 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Р а з д е л

„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, 1964 и 1965 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».